

Communauté française de Belgique

FACULTE UNIVERSITAIRE DES SCIENCES
AGRONOMIQUES DE GEMBLoux

TYPES DE FORETS
DANS L'EST DU CAMEROUN ET
ETUDE DE LA STRUCTURE DIAMETRIQUE
DE QUELQUES ESSENCES

Année académique
1996 - 1997

Mémoire de fin d'études
présenté par : Eric FORNI

Promoteurs :
J. RONDEUX
W. DELVINGT

en vue de l'obtention du diplôme d'études approfondies
en Sciences agronomiques et Ingénierie biologique

REMERCIEMENTS

Ce travail a été réalisé à partir des données du Projet Aménagement Pilote Intégré (API) de Dimako au Cameroun.

Je tiens à remercier ici le Ministère de l'Environnement et des Forêts du Cameroun qui m'a permis de disposer de tous les documents et de toutes les données concernant le Projet et je remercie en particulier la Délégation provinciale de l'Environnement et des Forêts et en particulier le Délégué, Monsieur NGUELE, pour la confiance qu'il m'a témoignée en me permettant d'accéder lorsque cela était nécessaire aux locaux du projet.

Ce projet était financé par le Ministère de la Coopération française. Je remercie Monsieur HUMBERT, conseiller à la Mission Française de Coopération de Yaoundé, qui supervisait le projet, d'avoir mis à ma disposition une partie du matériel informatique sans lequel ce travail n'aurait pu être réalisé et d'avoir grandement facilité mon séjour à Bertoua en me fournissant une partie de l'équipement de ma maison.

Tous mes remerciements vont ensuite au CIRAD-Forêt, qui me permet après quatre années passées sur le projet, d'en valoriser les résultats d'abord par un DEA et ensuite sous la forme d'une thèse de doctorat, qui sera ma tâche pour les prochaines années. La prise en charge de cette formation par le CIRAD-Forêt m'est inestimable. Je tiens ici à remercier plus particulièrement son directeur, Jacques VALEIX, qui me permet de rester au Cameroun pour poursuivre mes travaux et Eric LOFFEIER, directeur-adjoint, mais surtout ami, qui a conseillé l'équipe du projet pendant tout son déroulement et qui est à l'origine de ce travail pour lequel il m'a apporté un soutien constant.

L'idée du sujet de ce travail m'a été proposée par Eric LOFFEIER et Jean-Pierre PASCAL du CNRS-Lyon, lors d'une mission sur le terrain. Je remercie ce dernier d'avoir bien voulu continuer à me suivre et d'avoir accepté de faire partie de la commission d'encadrement, malgré sa charge de travail importante.

Après treize années, me voilà à nouveau, avec quelque émotion à Gembloux. Je remercie Messieurs RONDEUX et DELVINGT d'avoir bien voulu m'accueillir dans leurs unités et d'avoir accepté d'être les promoteurs de ce travail et du doctorat qui suivra. Merci aussi à Messieurs LAMBOTTE et MALAISSE d'avoir bien voulu faire partie de la commission d'encadrement. Je ne saurais oublier Philippe LEJEUNE avec qui j'ai passé cinq années de « studieuses » études sur les bancs de la faculté et que je retrouve aujourd'hui avec plaisir dans son nouveau rôle d'encadreur de ce travail.

Une pensée pour finir à Régine et aux enfants qui me verront peu l'année prochaine mais dont l'accueil à chaque retour de « brousse » sera pour moi la plus grande des motivations.

RESUME

Cette étude est effectuée à partir des données de l'inventaire d'aménagement du projet Aménagement Pilote Intégré (API) de Dimako dans l'Est du Cameroun. Cet inventaire est de type systématique à 1% et couvre une superficie de 500 000 ha.

Dans une première partie, un essai de caractérisation des différents types de forêts est réalisé sur la base des études de R. LETOUZEY. On met en évidence les principaux types décrits par cet auteur, allant de la forêt semi-caducifoliée à la forêt sempervirente.

Ensuite on décrit la structure diamétrique de six espèces. Il s'agit de : *Celtis zenkeri*, *Pericopsis elata*, *Pycnanthus angolensis*, *Sterculia rhinopetala*, *Terminalia superba* et *Triplochiton scleroxylon*. Pour certaines espèces des variations importantes de la structure diamétrique sont observées, la structure pouvant passer pour la même espèce progressivement d'une courbe en « J » inversé à une courbe en cloche en fonction du lieu d'observation.

Ces variations sont analysées en relation avec les types de forêts dans lesquelles elles sont rencontrées, le tempérament des espèces étudiées et l'histoire ancienne (passé paléoclimatique) et récente (action anthropique) des forêts.

ABSTRACT

This study has been carried out from data collected within the forestry management inventory of API DIMAKO, an integrated pilot project located in Eastern Cameroon. It is a systematic 1% inventory and it covers a 500 000 ha area.

In the first part, we realized an attempt of characterization of the different forest types, based on R Letouzey's studies. The main types described by this author are pointed out, from the semi-deciduous forest to the evergreen one.

Then, the diametrical structure of the six following species is being described : *Celtis zenkeri*, *Pericopsis elata*, *Pycnanthus angolensis*, *Sterculia rhinopetala*, *Terminalia superba* and *Triplochiton scleroxylon*. In some cases, substantial diametric structures variations could be observed, such as, for a single species, according to the place it grows in, a progressive structure shift from a reversed-J shaped curve to a bellshaped one.

These variations were analysed in connection with the forest types they were observed in, the temperament of the species studied, and the forests ancient (paleoclimatic past) and recent (anthropic action) history.

REMERCIEMENTS.....	I
RESUME.....	II
LISTE DES CARTES ET DES FIGURES	III
LISTES DES TABLEAUX.....	IV
1. INTRODUCTION.....	1
2. LES STRUCTURES DIAMETRIQUES PAR ESPECE - RAPPEL BIBLIOGRAPHIQUE.....	3
2.1. Les structures par espèces	3
2.2. Structure par espèces et tempéraments correspondants	4
2.2.1. La notion de tempérament	4
2.2.2. Relation entre structure diamétrique et tempérament des espèces.	6
2.2.3. Variabilité de la structure diamétrique.....	7
3. SITE ET METHODE D'ETUDE	8
3.1. La zone d'étude.....	8
3.1.1. Le climat.....	8
3.1.2. Géologie, géomorphologie et sols.....	8
3.2. Les types de forêts.....	9
3.2.1. La forêt semi-caducifoliée à <i>Sterculiacées</i> et <i>Ulmacées</i>	9
3.2.2. La forêt sempervirente.....	11
3.2.3. Les forêts de transition	11
3.3. Les inventaires	12
3.3.1. L'inventaire national.....	12
3.3.1.1. Situation des unités	12
3.3.1.2. Méthode d'inventaire	12
3.3.2. L'inventaire d'aménagement	13
3.3.2.1. Situation des blocs inventoriés	13
3.3.2.2. Méthode d'inventaire	14
3.3.3. Limites des données d'inventaire	16
3.3.3.1. Erreurs de détermination d'essence.....	16
3.3.3.2. Oubli ou ajout d'un arbre.....	16
3.3.3.3. Erreurs de mensuration	16
3.3.3.4. Erreurs de dénomination d'espèce.	17
3.3.3.5. Erreurs de saisie.....	17
3.4. Traitement des données	17

	II
3.4.1. Préparation des données	17
3.4.2. Analyse	19
3.4.2.1. Classification automatique	20
3.4.2.2. Analyse Factorielle des Correspondances	20
3.4.2.3. Etude des structures diamétriques	21
4. CARACTERISATION DES FORETS DANS LES DEUX BLOCS.....	23
4.1. Eléments de la structure	23
4.1.1. Densité du peuplement arborescent	23
4.1.2. Surface terrière.....	23
4.1.3. Répartition des arbres en classes de diamètre	24
4.2. Identification des grands types de forêts.....	24
4.2.1. Bloc Sud.....	24
4.2.2. Bloc Nord.....	30
4.3 Conclusion	36
5. ETUDE DE LA STRUCTURE POUR QUELQUES ESPECES	37
5.1. Espèces étudiées et distributions diamétriques dans la zone d'observation.....	37
5.1.1. <i>Celtis zenkeri</i>	37
5.1.2. <i>Sterculia rhinopetala</i>	40
5.1.3. <i>Pericopsis elata</i>	40
5.1.3. <i>Pycnanthus angolensis</i>	44
5.1.5. <i>Terminalia superba</i>	46
5.1.6. <i>Triplochiton scleroxylon</i>	48
5.2. Synthèse des observations.....	48
5.3. Discussion	51
5.3.1. L'échelle d'observation	51
5.3.2. Mise en évidence d'une variabilité de la structure diamétrique	51
5.3.3. Une explication de la variabilité	51
5.2.3. Structure diamétrique et tempérament des espèces	52
5.3.4. Structure diamétrique des espèces et type de forêt	53
5.3.5. Structure diamétrique des espèces et histoire de la forêt	53
6. CONCLUSION	55
BIBLIOGRAPHIE.....	56

LISTE DES CARTES ET DES FIGURES

Liste des cartes

Carte 1 : Situation de la zone d'étude : végétation et blocs d'inventaires	10
Carte 3: Plan de sondage des blocs nord et sud	15
Carte 4: Disposition des unités des blocs Nord et Sud	18
Carte 5 : Disposition des groupes d'unités dans le bloc Sud	26
Carte 6 : Disposition des groupes d'unités dans le bloc Nord	32
Carte 7 : <i>Pycnanthus angolensis</i> , distribution des effectifs par placette Bloc Nord	35
Carte 8 : Aire de répartition des espèces étudiées dans le Sud du Cameroun.	38
Carte 9 : Structure diamétrique de <i>Celtis zenkeri</i> dans les blocs Nord et Sud	39
Carte 10 : Structure diamétrique de <i>Sterculia rhinopetala</i> dans le bloc Nord	41
Carte 11 : Structure diamétrique de <i>Pericopsis elata</i> dans le bloc Sud	41
Carte 12 : <i>Pericopsis elata</i> - Distribution des effectifs par placette dans le bloc Sud	43
Carte 13: Structure diamétrique de <i>Pycnanthus angolensis</i> dans les blocs Nord et Sud	45
Carte 14 : Structure diamétrique de <i>Terminalia superba</i> dans les blocs Nord et Sud	47
Carte 15: Structure diamétrique de <i>Triplochiton scleroxylon</i> dans les blocs Nord et Sud	49

Liste des figures

Figure 1 : Méthode de sondage de l'inventaire national : représentation d'une Unité Primaire (UP)	13
Figure 2 : Unité N 107 - Evolution de l'abondance relative des espèces par surface de comptage croissante.	19
Figure 3 : variation du paramètre c de la fonction de Weibull selon la forme des distributions observées	22
Figure 4 : Structures diamétriques totales des blocs inventoriés	24
Figure 5 : Dendrogramme de la classification des unités du bloc Sud	25
Figure 6 : Pourcentage d'inertie expliqué par les axes	25
Figure 7 : Projection des unités du bloc Sud sur les deux premiers axes	28
Figure 8 : Projection des espèces du bloc Sud sur les deux premiers axes	28
Figure 9 : Dendrogramme de la classification des unités du bloc Sud	30
Figure 10 : Bloc Nord - Pourcentages de l'inertie expliqués par les axes principaux	30
Figure 11 : Projection des unités du bloc Nord sur les deux premiers axes	33
Figure 12 : Projection des espèces du bloc Nord sur les deux premiers axes	33

LISTES DES TABLEAUX

Tableau 1 : Données pluviométriques (en mm) dans la province de l'Est	8
Tableau 2 : Essences prises en compte pour les aménagements	14
Tableau 3 : Eléments de la structure globale des massifs étudiés	23
Tableau 4 : Effectifs totaux à l'hectare par classe de diamètre	24
Tableau 5 : Classes d'espèces après classification dans le bloc Sud	27
Tableau 6 : Bloc Sud - Abondance relative de quelques espèces par groupes d'unités.	29
Tableau 7 : Classes d'espèces après classification dans le bloc Nord	31
Tableau 8 : Bloc Nord - Abondance relative de quelques espèces par groupes d'unités	34
Tableau 9 : Celtis zenkeri - paramètre c estimé de Weibull et densité pour les sous-blocs des blocs Nord et Sud.	37
Tableau 10 : Sterculia rhinopetala - paramètre c estimé de Weibull et densité pour les sous-blocs du bloc Nord.	40
Tableau 11 : Pericopsis elata - paramètre c estimé de Weibull et densité pour les sous-blocs du bloc Sud.	42
Tableau 12 : Effectifs de Pericopsis elata dans les unités du sous-bloc G3.	42
Tableau 13: Pycnanthus angolensis - paramètre c estimé de Weibull et densité pour les sous-blocs des blocs Nord et Sud	44
Tableau 14 : Terminalia superba - paramètre c estimé de Weibull et densité pour les sous-blocs des blocs Nord et Sud.	46
Tableau 15: Triplochiton scleroxylon - paramètre c estimé de Weibull et densité pour les sous-blocs des blocs Nord et Sud	48

1. INTRODUCTION

Le botaniste R. Letouzey a décrit les forêts du Cameroun de façon minutieuse et la richesse et la qualité de ses travaux lui ont permis en particulier d'établir les aires de répartition des principales essences forestières du pays, qu'il n'a malheureusement pas pu lui-même publier (Vivien et Faure, 1985). Ces principaux ouvrages sur la phytogéographie du Cameroun (Letouzey, 1968, 1985) restent une référence pour quiconque souhaite étudier l'écosystème forestier camerounais.

Lors de ses prospections, il note des anomalies quant à la régénération de trois espèces : *Saccoglottis gabonensis* (Baill.) Urb. et *Lophira alata* Banks ex Gaertn en forêt littorale atlantique et *Baillonella toxisperma* Pierre dans une partie de la forêt congolaise qu'il dénommera en 1985 forêt toujours verte du Dja. Pour ces trois espèces, il remarque une absence presque totale de régénération et de jeunes tiges et la présence presque exclusive d'arbres dont les diamètres sont supérieurs à 50 cm pour *Saccoglottis* et *Lophira* et 1m pour *Baillonella*. Il parlera de distribution du type « courbe de Gauss » pour caractériser la structure diamétrique de ces espèces.

Dans la forêt littorale, Newbery et Gartlan (1996) s'étonnent que Letouzey n'ait remarqué que ces deux espèces car leur étude sur la structure de cette forêt fait apparaître que 40 % des espèces ont une distribution diamétrique « en cloche » avec un déficit des effectifs dans les petits diamètres.

Les inventaires préalables à l'élaboration de plans d'aménagement dans le Sud-Est du Cameroun (Projet API, 1995) à la limite de la forêt du Dja, ont aussi mis en évidence le nombre important d'espèces commerciales de premier ordre ayant ce type de distribution, ce qui a amené à considérer plus particulièrement ces espèces dans l'optique du renouvellement durable de leur potentiel exploitable (Durrieu et Forni, 1997).

L'une des hypothèses avancées par Letouzey (1968) pour expliquer ce comportement consiste à dire que ces espèces ne sont plus capables de se régénérer en raison de changements au niveau climatique. Dans ce cas, on devrait pouvoir identifier d'autres zones où les conditions sont plus favorables et où ces espèces peuvent se reproduire. Une structure diamétrique différente de la structure en cloche pourrait en être un bon indicateur. **La question posée est donc de savoir s'il existe, pour une espèce donnée, une variabilité de la structure diamétrique des populations en fonction de diverses zones de son aire de répartition.**

Pour tenter de répondre à cette question, nous disposons des données des inventaires d'aménagement du projet « Aménagement Pilote Intégré » de Dimako qui couvrent en deux blocs plus de 500 000 ha de forêt dans le Sud-Est du Cameroun, allant de la forêt sempervirente aux savanes périforestières en passant par différents types de forêts de transition.

De ces inventaires, nous avons choisi de considérer des espèces commerciales abondantes dont certaines présentent des particularités, relevées par Letouzey, pouvant servir notre démarche. Nous avons ainsi retenu *Celtis zenkeri* Engl., *Pycnanthus angolensis* (Welw.) Warb., *Sterculia rhinopetala* K. Schum., *Pericopsis elata* (Harms) Van Meeuwen, *Terminalia superba* Engl. et Diels et *Triplochiton scleroxylon* K. Schum.

Pericopsis elata et *Sterculia rhinopetala* sont deux espèces dont une des limites de leur aire d'extension se situe dans la région d'étude. *Celtis zenkeri*, *Terminalia superba* et *Triplochiton scleroxylon* sont trois espèces de forêt semi-caducifoliée que l'on retrouve sur toute la zone d'étude. Mais alors que *Celtis zenkeri* est considérée comme caractéristique de ce type de forêt (Aubreville, 1957; Letouzey, 1985; Whitmore, 1995), Letouzey note que *Terminalia*

superba et *Triplochiton scleroxylon* ont un pouvoir de dissémination et un tempérament colonisateur qui expliquent leur présence très loin en forêt sempervirente. Enfin, *Pycnanthus angolensis* est une espèce sempervirente plastique que l'on rencontre dans tous les types de forêts (Vivien et Faure, 1985).

Pour toutes ces essences, il était intéressant de mettre à profit les données de l'inventaire d'aménagement du projet API, afin d'observer leur comportement en terme de structure diamétrique soit à la limite de leur aire d'extension, soit dans des forêts où elles sont réputées ne pas être dans les meilleures conditions de développement. Pour *Pycnanthus angolensis*, il s'agit de voir si malgré son ubiquité, il se comporte de la même manière quel que soit le type de forêt dans lequel on l'observe. Si des variations sont observées, elles pourraient moduler les approches scientifiques qui admettent la structure des diamètres comme caractéristique pour chaque espèce (Rollet, 1979).

Après un rappel bibliographique sur les structures diamétriques par espèce sont présentés le site d'étude et les méthodes d'analyses employées. Ensuite sont données les principales caractéristiques des forêts inventoriées. Puis un essai pour retrouver par analyse numérique les différents types de forêts décrits par R. Letouzey (1985) dans la zone est effectué. Enfin les structures diamétriques des six espèces mentionnées ci-dessus sont décrites pour chaque lieu d'observation et l'on tente de comprendre les variations observées en considérant le tempérament des espèces étudiées, le type de forêt dans laquelle elles se situent et l'histoire de ces forêts.

La nomenclature utilisée suit Lebrun et Stork (1991, 1992) et Letouzey (1985). Les noms scientifiques complets des espèces citées sont regroupés en Annexe 1. Afin d'alléger le texte et lorsqu'aucune ambiguïté n'est possible, il nous arrivera de désigner une espèce en ne mentionnant que son genre.

2. LES STRUCTURES DIAMETRIQUES PAR ESPECE - RAPPEL BIBLIOGRAPHIQUE

2.1. Les structures par espèces

"On appelle structure totale d'un peuplement la distribution des diamètres pris à 1,30 m du sol de tous les arbres de ce peuplement (toutes espèces réunies) par classes diamétriques. Lorsqu'il existe des contreforts, la mesure est prise juste au dessus de ceux-ci(...) On appelle structure d'une espèce la distribution du nombre d'arbres de cette espèce par classes diamétriques" (Rollet, 1974).

L'étude et la recherche de modèles pouvant décrire la structure totale des forêts tropicales ont fait l'objet de nombreux travaux (Pierlot 1966, Rollet 1974). Certains auteurs se sont aussi intéressés à la structure diamétrique des espèces prises individuellement.

S'il est admis que la distribution des diamètres des arbres constituant une forêt tropicale humide peut être, sauf cas particulier, assimilée à une distribution exponentielle décroissante ou tout autre fonction en "J" inversée, il n'en est pas de même lorsque l'on examine les espèces une à une. On retrouvera une distribution comparable à celle de la forêt pour certaines espèces (du sous-bois en particulier) mais c'est loin d'être le cas pour toutes.

La façon la plus simple pour décrire des différences de structure diamétrique entre des espèces consiste à opposer deux groupes : le premier groupe comporte les espèces dont les effectifs diminuent fortement et régulièrement lorsque les diamètres considérés augmentent ; le second groupe réunit les espèces ne présentant pas cette décroissance et dont le nombre de tiges de petits diamètres est souvent moins important que le nombre de plus grosses (Schulz, 1960; Huttel, 1975).

Jones (1956), dans son étude de la forêt d'Okomu au Nigeria, distingue trois types de distribution pour les émergents en se basant sur la proportion de bois moyens observés. Il scinde ainsi en deux types le groupe d'espèces ayant des déficits dans les petites diamètres.

- Espèces qui ont un déficit en petits et moyens bois,
- Espèces qui ont un déficit en bois moyens mais dont les petits sont bien représentés,
- Espèces dont le nombre de bois moyens est intermédiaire entre celui des petits bois et celui de gros bois.

Poorter *et al.* (1996), étudient 8 espèces dans le Parc National de Taï en Côte d'Ivoire et décrivent trois groupes qu'ils rapprochent de ceux de Jones.

- Espèces à distribution en exponentielle négative (courbe en J inversé)
- Espèces ayant un grand nombre de tiges de petits diamètres et une relative absence d'arbres des classes moyennes de diamètre,
- Espèces avec de gros arbres mais dont la régénération est absente.

Rollet (1974), va plus loin dans la description et distingue sept types principaux de distribution diamétrique:

- (1) Espèces ayant seulement des tiges de 10 à 19 cm.
- (2) Espèces à distribution plus ou moins en cloche ou en cloche tronquée à gauche
- (3) Espèces à distribution erratique
- (4) Espèces à structure en L très redressé
- (5) Espèces à structure approximativement exponentielle.

- (6) Espèces à structure décroissante linéairement ou en forme de L très surbaissé
- (7) Espèces à structure en S plus ou moins étiré, en demi-cloche, ou en bosse.

Malgré cette classification assez fine, Rollet note qu'il y a un grand nombre de structures intermédiaires.

Au Cameroun, Newbery et Gartlan (1995) s'intéressent particulièrement dans leur étude de la forêt littorale aux espèces à structure en cloche et se posent la question de leur régénération. Nous avons aussi plus à l'Est du pays et en partie avec d'autres essences, rencontré les distributions des types (2), (4) (5) et (7) décrites par Rollet (1974) (Durrieu et Forni, 1997).

Dans l'ensemble, peu de justifications écologiques sont données pour expliquer la variété des distributions observées. Des hypothèses quant aux facteurs pouvant modifier le recrutement, l'accroissement et la mortalité pour chaque espèce sont avancées. C'est ainsi que Jones (1956) fait l'hypothèse, pour expliquer le déficit d'individus dans les classes moyennes pour certaines espèces, qu'il y aurait une augmentation de l'accroissement diamétrique des tiges ayant atteint ces classes de diamètre. Ceci a été vérifié pour *Baillonella toxisperma* (Debroux, 1996)

Les deux principaux types de structure - en J inversé et en cloche - sont quant à eux souvent mis en parallèle avec le tempérament des espèces vis-à-vis de la lumière. (Lebrun et Gilbert, 1954; Schulz, 1960; Pierlot, 1966; Rollet, 1974, 1979)

2.2. Structure par espèces et tempéraments correspondants

2.2.1. La notion de tempérament

Jolyet (1916) donne, dans son traité pratique de sylviculture, la définition suivante du terme « tempérament »: « Les grandes espèces ligneuses se comportent différemment en présence des agents naturels de la production. Les unes affirment des exigences spéciales ; les autres marquent de simples préférences ; d'autres [...] s'accommodent des conditions mauvaises qui seraient fatales à la majorité. Si, en même temps que de ces aptitudes diverses, on tient compte de la longévité, on obtiendra toutes les données qui, réunies, constituent le *tempérament* des essences. »

Le principal « agent naturel » considéré est la lumière et différentes tentatives de classification ont été proposées, définies par rapport au comportement des espèces aux différents stades de leur développement vis-à-vis de la lumière. C'est ainsi que l'on oppose classiquement les essences de lumière ou héliophiles aux essences d'ombre ou sciaphiles.

Les espèces héliophiles ont besoin de lumière pour s'établir et se reproduire alors que les espèces sciaphiles peuvent rester sous abri dans le jeune âge. Ce n'est qu'à leur plein développement qu'elles rechercheront la lumière. Entre ces deux extrêmes, tous les comportements intermédiaires sont observables (Jolyet, 1916).

En forêt tropicale humide Swaine et Whitmore (1988), se placent dans une logique de succession végétale et proposent de remettre de l'ordre dans une terminologie confuse pour distinguer deux principaux groupes d'espèces : les espèces pionnières et les non-pionnières ou climaciques. La distinction est faite par rapport aux caractères qualitatifs de germination et d'établissement des plantules par rapport à la lumière.

Les espèces pionnières ont des graines qui ne germent qu'en conditions de lumière forte, les semis ne peuvent en général pas survivre à l'ombre et les espèces de ce type restent

héliophiles toute leur vie. Au contraire, les graines des espèces non-pionnières peuvent germer sous un couvert forestier et les semis persistent sous cet ombrage.

A partir de ces deux grands groupes, des subdivisions peuvent être faites sur certains critères.

Hawthorne (1995) constate que certaines espèces qui peuvent germer et s'installer à l'ombre ont un besoin assez rapide de lumière pour leur développement. Il créera pour ces espèces un groupe intermédiaire qu'il baptisera « Non-pioneer light demander » que nous traduirons par héliophiles non-pionnières.

D'autres auteurs feront des distinctions sur la base de la longévité des espèces (Mangenot, 1956; Budowski, 1965; Riera et al. 1990). C'est ainsi que l'on fera une différence entre pionnières à vie brève, présentes aux premiers stades de la succession forestière et pionnières à vie longue que l'on pourra retrouver dans les peuplements adultes.

Alexandre (1989) faisant la synthèse de différents travaux distingue sur cette base trois principaux groupes dont les principales caractéristiques sont les suivantes :

- les espèces pionnières ou cicatriciennes éphémères (Mangenot, 1956).

Elles participent les premières au processus de reconstitution. Leurs fruits, produits généralement en grande quantité, présentent des dormances prolongées et constituent l'essentiel du stock de graines du sol ou potentiel séminal édaphique (Alexandre, 1982a). Un apport lumineux important entraînera une germination abondante, suivie d'une croissance rapide. Toutefois, leur longévité limitée (atteignant rarement 50 ans) ne leur permet pas de participer aux phases ultérieures de la reconstitution du couvert. Alexandre (1982b) parlera pour ces espèces d'une stratégie "trouée-trouée" car elles ont un besoin de lumière pour leur installation et pour leur développement.

- les espèces cicatriciennes durables (Mangenot, 1956) ou nomades (Van Steenis, 1956) ou secondaires tardives (Budowski, 1965).

"Cicatriciennes" car elles participent également à la cicatrization du couvert végétal perturbé, concurrençant parfois les espèces pionnières *sensu stricto*, dont elles se distinguent toutefois par une durée de vie plus longue et une fructification plus tardive et saisonnière.

"Nomades" car elles se disséminent à la faveur de chablis ou de trouées grâce à une production abondante de graines anémochores ou zoochores, résistantes au dessèchement et possédant une durée de vie latente courte. C'est le potentiel séminal advectif selon Alexandre (1982a).

Il s'agit d'un groupe au tempérament héliophile transitoire. Héliophile dans les premiers stades de développement, ces espèces peuvent par la suite supporter un léger ombrage et participer aux phases finales de la reconstitution du couvert végétal. En conséquence, bien que largement présents dans le peuplement forestier, les individus sont souvent éloignés spatialement les uns des autres. Alexandre (1982b) leur attribue une stratégie "forêt-trouée" car elles sont présentes en forêt à l'état adulte mais ont besoin d'ouvertures pour se régénérer.

- les espèces sédentaires ou dryades (Van Steenis, 1956), primaire (Budowski, 1965) ou forestières (Mangenot, 1956)

Ces espèces "sciaphiles" donnent à la forêt son aspect organisé et structuré. Leurs graines, produites irrégulièrement et par des sujets âgés, sont souvent lourdes (barochorie) et peu résistantes au dessèchement. Elles germent sous couvert, souvent au pied ou au voisinage de l'arbre semencier. C'est le potentiel végétatif (Alexandre, 1982a). Leur croissance généralement

lente, peut s'accélérer fortement lors d'un apport énergétique limité. La stature élevée et la grande longévité d'une partie des espèces de cette catégorie caractérisent la forêt stabilisée ou "climacique". Entrent aussi dans cette catégorie des espèces du sous-bois qui réalisent tout leur cycle de vie à l'ombre des premières. Alexandre (1982b) leur attribue une stratégie "forêt-forêt".

Cette classification simplificatrice qui a le mérite de faciliter la compréhension de la dynamique forestière ne satisfait pas certains auteurs qui voient un continuum de tempéraments exister entre les pôles héliophiles et sciaphiles (Schulz, 1960; Oldeman R.A.A. et van Dijk J, 1991;...). Cette thèse est confirmée par Pendje (1994) dans son étude des stratégies de régénération de neuf essences commerciales dans la forêt du Zaïre.

2.2.2. Relation entre structure diamétrique et tempérament des espèces.

Les auteurs tentent tous avec plus ou moins de précautions de relier les structures observées aux tempéraments des espèces.

Les associations les plus régulièrement proposées consistent à faire correspondre la distribution exponentielle décroissante aux espèces tolérantes à l'ombre ou sciaphiles et les distributions en cloche aux essences de lumière (Rollet, 1974 et 1979).

Pendje (1994) observe quatre principales structures, qu'elle explique par les stratégies démographique et d'occupation de l'espace de chaque espèce. Elle établit un parallèle avec les travaux de Doumenge (1990) qui propose trois types de populations en intégrant structure diamétrique et répartition spatiale. Elle distingue ainsi :

- (1) les espèces sciaphiles et tolérantes à faible dispersion qui ont des structures diamétriques se rapprochant d'une courbe linéaire dégressive. Tous les stades de régénération se trouvent agrégés sous le producteur et aux alentours. La grande taille des graines et des plantules, le tempérament sciaphile et une faible prédation des graines et des plantules sont autant de caractères adaptatifs favorisant la survie et la croissance dans le sous-bois. L'espacement des productions et la quantité relativement faible de graines produites favorise la survie des semis en évitant une trop forte densité.
- (2) les espèces tolérantes, à dispersion efficace agrégative qui présentent une structure en "dent de scie". Les divers stades se trouvent sous les arbres servant de perchoirs aux oiseaux, dans un rayon de plusieurs dizaines voire centaines de mètre du producteur. Cette stratégie est du type I défini par Doumenge (1990) : population grégaire-plurienne, tolérante à l'ombrage et présentant une dynamique de renouvellement continue.
- (3) les espèces tolérantes à dispersion aléatoire qui ont une structure en L très étalé, couvrant toutes les classes de développement. La mortalité des semis est importante et conduit à un déficit en jeunes tiges. La survie dépend de la distance au producteur et la zone de recrutement prend la forme d'anneaux concentriques. Cette stratégie correspond au type II défini par Doumenge (1990) : population régulière-plurienne, à seuil d'exigence lumineuse étalé. Ce type correspond à des espèces de la voûte forestière, plus ou moins tolérantes à l'ombrage dans leur jeune âge et réagissant positivement à un apport lumineux.
- (4) les espèces héliophiles pionnières à dispersion efficace qui ont une structure diamétrique en cloche, typique des peuplements équiennes. Seules les perches, jeunes adultes et adultes sont présents en forêt. Suite à une distribution efficace, les stades de régénération existent dans les ouvertures. Ils décrivent une courbe en cloche car la période propice à la régénération est fugace.

Le type III de Doumenge (1990) non assimilé par Pendje (1994) à l'une de ses stratégies est le type « éparpillée » ou « grégaire-équienne ». Les individus de ces populations sont dispersés ou en petits groupes avec jeunes et adultes disjoints dans l'espace. Ces espèces sont de grands émergents ou des espèces de milieu ouvert avec cycle de vie se déroulant à la lumière (parfois à l'ombre pour les jeunes stades) avec dispersion des diaspores à distance.

2.2.3. Variabilité de la structure diamétrique

Dans toutes ces études, il semble que l'on veuille considérer la structure diamétrique comme caractéristique pour chaque espèce. Certains auteurs observent cependant quelques variations :

Schulz (1960) note pour *Goupia glabra* Aublet, essence de lumière, de fortes différences de structure d'une région à l'autre, tantôt en L, tantôt en cloche ou en cloche tronquée. Cette observation ne suscite aucun commentaire de Rollet (1974) qui la relève dans son annexe 5. Schulz explique ces variations par l'irrégularité dans le temps de la création d'ouverture permettant à cette espèce colonisatrice de s'installer. Nous serions en face de peuplements plus ou moins vieux selon la date à laquelle l'espace qu'ils occupent a été perturbé.

Hubbell et Foster (1987) observent à un niveau local des variations dans la structure diamétrique de *Cecropia insignis* Liebm., espèce pionnière et *Beilschmiedia pendula* (Sw.) Hemsl., espèce tolérante, en considérant la structure de ces espèces dans chacun des placeaux d'un hectare de leur dispositif de 50 ha à l'île de Barro Colorado au Panama.

A une échelle régionale, Poorter *et al* (1996.) comparent la structure de huit espèces dans des forêts de Côte d'Ivoire et du Libéria et observent sur de très petits échantillons que certaines espèces ont des distributions variables selon les endroits, avec soit uniquement des jeunes soit uniquement des adultes. Notant que pour la plupart ce sont des espèces pionnières, ils concluent que l'irrégularité de leur régénération provient du fait qu'elles doivent trouver de grandes perturbations pour réussir à s'installer.

Malgré ces observations, Poorter *et al* (1996) faisant référence à Swaine et Hall (1988) affirment que l'on trouve sans aucun doute une régénération suffisante pour toutes les espèces si l'on considère une superficie importante. C'est ce qu'illustre Hawthorne (1995) à une échelle nationale au Ghana où la majorité des espèces présentent une bonne régénération et souvent une structure en J inversé.

La superficie considérée pour décrire les structures diamétriques n'est pas neutre et l'on conçoit fort bien pour les espèces dont les groupes de jeunes et d'adultes sont disjoints dans l'espace (type III décrit par Doumenge (1990) ou groupe (4) décrit par Pendje (1995)), qu'une observation locale de la structure diamétrique peut donner des résultats variables selon que l'échantillon est pris dans une jeune tache de régénération ou une population plus ancienne. Une observation sur de plus grandes superficies, prenant en compte différents stades de développement masquerait ces différences.

C'est à ce niveau d'observation que nous nous situons dans ce travail, dont nous allons maintenant décrire le site d'étude et la méthode suivie pour analyser les données..

3. SITE ET METHODE D'ETUDE

3.1. La zone d'étude

La zone d'étude est située dans la forêt de la province de l'Est du Cameroun entre les latitudes de 3°25' N et 4°30' N et les longitudes de 13°15' E et 14°40' E (Carte 1). Les principales villes la bordant sont au Nord, Bertoua, chef-lieu de la province de l'Est, à l'Ouest Abong-Mbang et Lomié et à l'Est la ville de Yokadouma. Une droite reliant Lomié à Yokadouma constitue la limite Sud de la zone.

3.1.1. Le climat

Le climat est de type équatorial guinéen avec une saison sèche bien marquée de novembre à mars et une petite saison sèche de moins d'un mois mais parfois inexistante en juillet, interrompant la saison des pluies dont les maxima de précipitations sont enregistrés en avril - mai et septembre - octobre.

Les hauteurs moyennes mensuelles de pluie établies sur les 25 dernières années pour les trois stations de Bertoua, Lomié et Yokadouma, sont les suivantes :

Tableau 1 : Données pluviométriques (en mm) dans la province de l'Est

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
Bertoua	19	26	96	126	165	145	92	149	252	248	107	21	1446
Lomié	40	57	123	175	182	145	91	142	257	268	129	45	1654
Yokadouma	33	32	90	159	207	121	133	182	227	226	117	27	1554

Source : Station météorologique de l'Est à Bertoua

Les températures annuelles moyennes varient autour de 24°C

3.1.2. Géologie, géomorphologie et sols.

La plus grande partie de la zone, au sud de la Doumé, repose sur le complexe de base précambrien dont les principales roches sont des micaschistes, des gneiss, des migmatites et des granites d'anatexie.

Au nord de la Doumé, dans la région de Bertoua, on trouve, associés au complexe de base précambrien des formations plutoniques constituées de granites, syénites, diorites et gabbros syntectoniques (Nougier, 1979).

La région est située sur le plateau du Sud Cameroun qui est le plus vaste ensemble homogène du pays. Sa hauteur moyenne est d'environ 600 m. Le réseau hydrographique abondant le découpe en petites collines et lui donne son modelé en demi-orange. A l'Est d'Abong-Mbang, le mont Guimbiri qui s'élève à 927 m, point culminant de la province de l'Est rompt la monotonie du plateau.

Dérivant des roches métamorphiques, les sols rencontrés sont principalement des sols ferrallitiques rouges ou jaunes typiques. Ce sont des sols souvent très profonds, argileux, meubles et perméables avec un peu d'humus. Les teneurs en bases échangeables sont faibles. Ce sont des sols pauvres en éléments nutritifs, acides et fragiles (Gavaud et Muller, 1979).

Dans les bas-fonds les sols sont hydromorphes à gley. Ils sont liés à la présence pendant une grande partie de l'année d'une nappe phréatique reposant sur la roche mère. Ces sols sont

caractérisés par une accumulation de matière organique assez peu décomposée, riche en débris végétaux encore bien reconnaissables.

3.2. Les types de forêts

Les types de forêt rencontrés qui seront plus précisément décrits ci-dessous sont essentiellement la forêt semi-caducifoliée ou semi-décidue au Nord, puis une forêt de transition allant progressivement jusqu'à la forêt « toujours verte » du Dja au Sud-Ouest de la zone inventoriée (Letouzey, 1985) (Cf Carte 1).

Dans la suite de cette étude, nous emploierons indifféremment les dénominations « semi-caducifoliée » ou « semi-décidue » (Aubreville, 1957; Trochain, 1980) pour désigner ce type de forêt et nous utiliserons souvent le terme de forêt sempervirente (Trochain, 1980) pour désigner la forêt « toujours verte du Dja » décrite par Letouzey (1985).

3.2.1. La forêt semi-caducifoliée à *Sterculiacées* et *Ulmacées*

C'est le type de forêt principal du secteur forestier semi-caducifolié sensu stricto décrit par Letouzey (1985). Il appartient au domaine de la forêt dense humide semi-caducifoliée guinéo-congolaise. Letouzey considère que ce secteur est en voie d'extension sur la forêt biafréenne, sur la forêt congolaise (du Dja) et sur les savanes périforestières.

Dans la zone considérée, les différences floristiques avec la forêt toujours verte sont assez nettes, mais la méconnaissance de la distribution globale de certaines espèces et surtout les imbrications sur le terrain entre forêt semi-caducifoliée et forêt toujours verte ne permettent pas de définir précisément des limites.

La physionomie de cette forêt se caractérise par l'abondance de grands arbres au fût rectiligne et par la caducité prolongé du feuillage de la plupart d'entre eux. D'autres caractéristiques entrent en ligne de compte comme la moindre abondance d'épiphytes et les variations floristiques du sous-étage.

Le secteur est caractérisé, comme sa dénomination l'indique, par la dominance de grands arbres appartenant soit aux *Sterculiacées* soit aux *Ulmacées* :

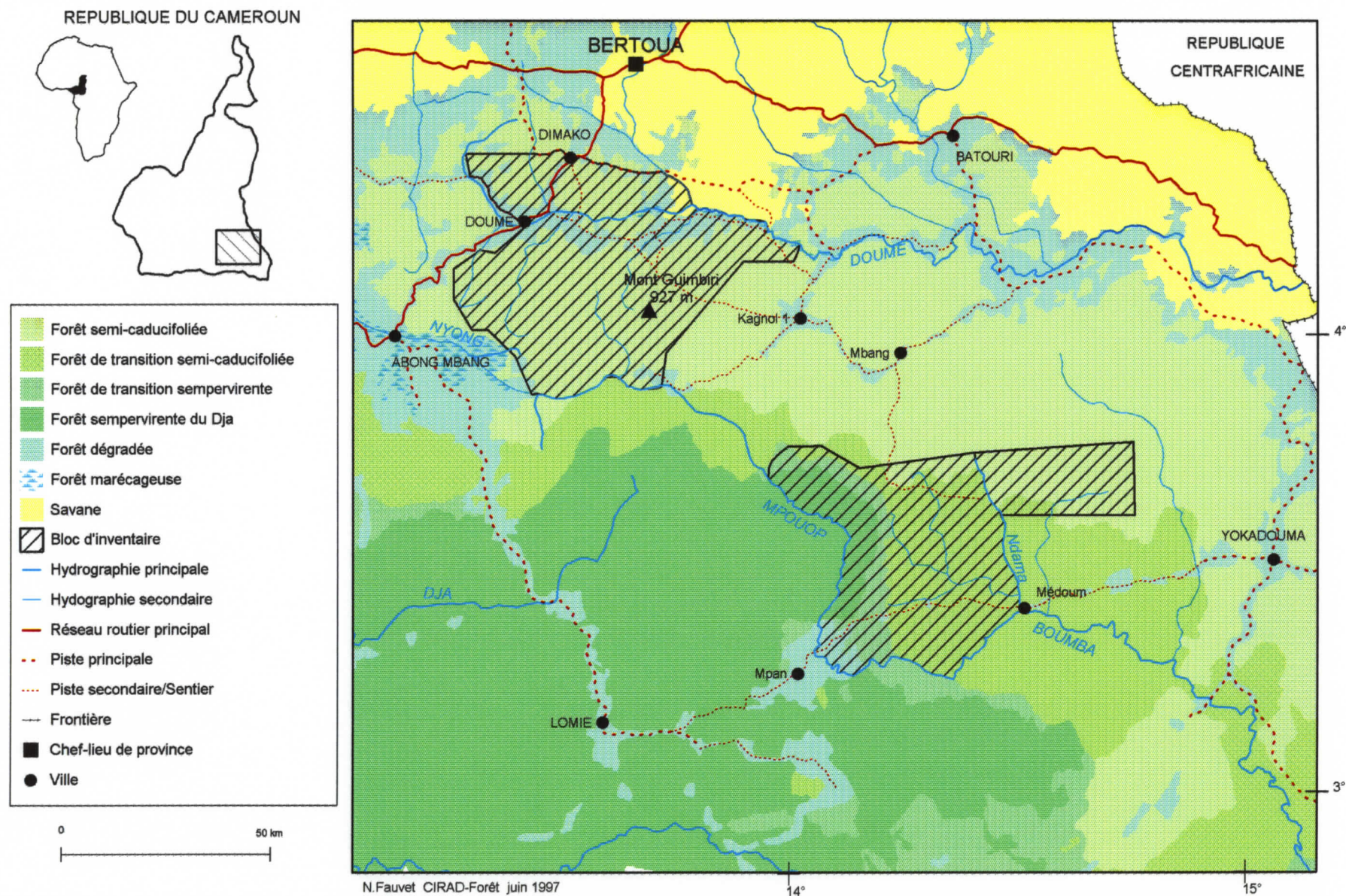
Les principales *Sterculiacées* sont : *Mansonia altissima*, *Nesogordonia papaverifera*, *Pterygota spp.*, *Sterculia spp.*, *Triplochiton scleroxylon*, *Cola spp.*...

Les *Ulmacées* sont essentiellement représentées par les espèces du genre *Celtis* dont les plus fréquentes sont *Celtis adolfi-friderici*, *Celtis mildbraedii*, *Celtis zenkeri* et par *Holoptelea grandis*.

D'autres espèces arborescentes, représentant d'autres familles que les deux précédentes sont aussi caractéristiques. Citons parmi les plus fréquentes : *Autranella congolensis*, *Albizia ferruginea*, *Albizia zygia*, *Entandrophragma cylindricum*, *Erythrophleum suaveolens*, *Gossweilerodendron balsamiferum*, *Gambeya lacourtiana*, *Keayodendron bridelioides*, *Pterocarpus soyauxii*, *Pericopsis elata*, ...

Letouzey (1985) indique que *Piptadeniastrum africanum* et surtout *Terminalia superba* souvent associé sur le terrain à *Triplochiton scleroxylon*, sont des éléments colonisateurs très dynamiques de cette forêt et se rencontrent très loin (à moindre fréquence) en forêt sempervirente. Il ne les considère de ce fait pas comme de bonnes caractéristiques de la forêt semi-caducifoliée.

Carte 1 : Situation de la zone d'étude - Végétation (d'après LETOUZEY, 1985) et blocs d'inventaire



Dans le sous-bois, quelques genres arborescents ou arbustifs sont à tendance grégaire manifeste : *Angylocalyx*, *Funtumia*, *Polyalthia*,...

Letouzey (1968, 1985) observe aussi l'existence de noyaux forestiers primitifs de type toujours vert de quelques ares parfois quelques hectares en forêts semi-caducifoliées avec notamment les espèces caractéristiques suivantes, *Baillonella toxisperma*, *Diospyros crassiflora*, *Entandrophragma utile*, *Irvingia excelsa*, *Pentaclethra macrophylla*, *Turraeanthus africanus*, ...

Ces noyaux forestiers correspondraient selon lui aux dernières traces de l'extension vers le nord de la forêt toujours verte dans un "plus ou moins" lointain passé paléoclimatique.

3.2.2. La forêt sempervirente

La zone inventoriée comprend l'extrémité Est de la forêt du Dja. Letouzey (1985) rattache ce type de forêt au domaine de la forêt dense humide toujours verte guineo-congolaise, secteur forestier toujours vert camerouno-congolais, district congolais du Dja.

Cette forêt est composée de grands arbres pouvant atteindre jusqu'à 50-60 m de hauteur avec des cimes tabulaires bien développées au niveau de la strate émergente. Le feuillage des arbres est en général persistant (tout au moins caduc par roulement sur toute la cime ou sur certaines branches pour une espèce donnée). Les arbustes du sous-bois sont à tronc rectiligne, à feuillage persistant. La strate herbacée est assez éparse et concentrée dans les trouées de lumière. Les lianes sont assez nombreuses.

Les forêts du district congolais du Dja se caractérisent par :

- l'absence des espèces de forêt semi-caducifoliée dans les forêts intactes tant pour les arbres que pour le sous-bois ;
- la présence d'une *Caesalpiniciacée* grégaire : *Gilbertiodendron dewevrei* (absente de la zone d'inventaire);
- l'importance sur les terrains argileux des palmiers lianescents (rotins) ;
- l'importance des peuplements de *Uapaca paludosa* dans un grand nombre de vallées de ce district ;
- la dispersion relative des grands arbres : en moyenne 22 à 25 arbres de diamètre supérieur à 50 cm à l'hectare.

On peut citer parmi les nombreuses essences caractéristiques de ce type de forêt : *Afrostryax lepidophyllus*, *Alstonia boonei*, *Baillonella toxisperma*, *Celtis tessmannii*, *Cylicodiscus gabonensis*, *Oldfieldia africana*, *Pentaclethra macrophylla*, ..., ainsi que la fréquence d'*Irvingiacées* : *Desbordesia glaucescens*, *Irvingia excelsa*, *I. gabonensis*, *I. grandifolia*, *Klainedoxa gabonensis*.

3.2.3. Les forêts de transition

Deux types de forêts de transition sont individualisés par Letouzey (1985) :

- La forêt toujours verte du Dja avec éléments de forêt semi-décidue

Ce type de forêt correspond à des zones de transition vers des types de forêt semi-décidue. Il présente en son sein des espèces caractéristiques de cette dernière, mais relativement dispersées et peu abondantes. La prépondérance floristique revient aux espèces classiques de la forêt du Dja.

- La forêt semi-décidue à *Sterculiacées* et *Ulmacées* avec éléments de la forêt du Dja

Les proportions entre espèces de forêt semi-caducifoliée et espèces de forêt sempervirente sont ici inversées par rapport au type de forêt précédent.

Comme l'indique le rapport de l'inventaire des ressources forestières (CTFT, 1985), les essais de caractérisation floristique de ces deux types de forêts de transition ne peuvent être déterminant et leur délimitation cartographique, ainsi que leur individualisation par rapport aux véritables forêts sempervirentes et semi-caducifoliées ne peut être qu'une schématisation parfois arbitraire.

3.3. Les inventaires

Nous nous servirons essentiellement dans cette étude des données de l'inventaire forestier camerounais (ONADEF, 1992) et des inventaires d'aménagement réalisés par le projet Aménagement Pilote Intégré (API) de Dimako qui avait pour principal objectif forestier l'élaboration des plans d'aménagement pour cinq Unités Forestières d'Aménagement (UFA) dans la province de l'Est.

3.3.1. L'inventaire national

3.3.1.1. Situation des unités

Mis à part l'extrême Sud de la zone d'étude dépendant de la deuxième tranche de l'inventaire national (CTFT, 1985), c'est la phase IV de l'inventaire des ressources forestières du Cameroun qui a couvert la zone en 1991-92 (ONADEF 1992a) avec les unités de compilation n° 25 (666 480 ha) et n° 26 (618 300 ha).

3.3.1.2. Méthode d'inventaire

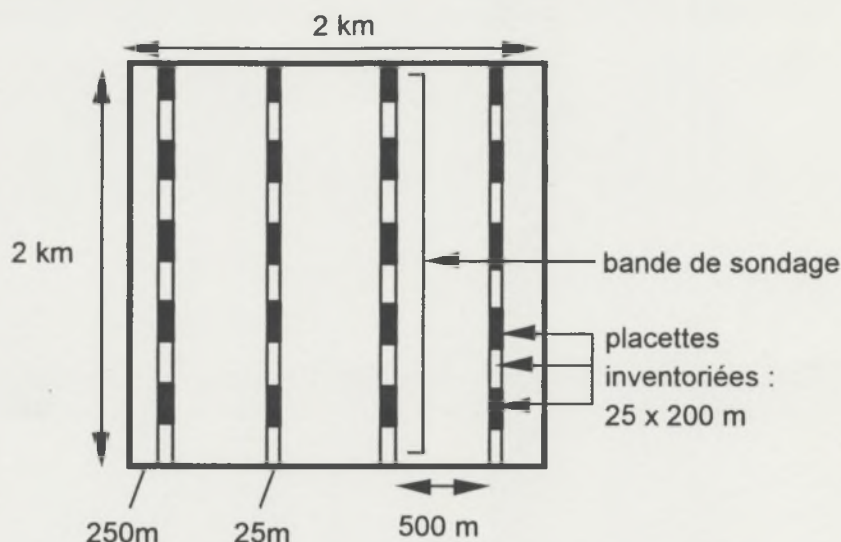
La méthode suivie dans les deux phases est identique, il s'agit d'un sondage systématique à deux degrés :

- les unités primaires (UP) ont une surface de 400 ha (carrés de 2 x 2 km), et sont disposées selon une maille carrée de 20 km de côté.
- les unités secondaires (US) sont formées de bandes de 2 km de long et 25 m de large regroupées par 4 dans chaque UP. Ces bandes sont équidistantes les unes des autres de 500 m (Cf fig. 1).

Chaque US est constituée de 10 parcelles d'échantillonnage de 200 x 25 m (1/2 ha) soit un total de 40 parcelles par UP (20 ha). Le taux de sondage par UP est de 5 %. L'orientation des UP est choisie de manière à ce que les layons soient perpendiculaires aux cours d'eau.

Il y a 25 UP par unité de compilation soit $20 \times 25 = 500$ ha inventoriés. Le taux de sondage est donc de $500 / 666\,480$ soit 0,75 pour mille pour l'unité de compilation n° 25 et de $500 / 618\,300$ soit 0,83 pour mille pour l'unité de compilation n° 26.

Figure 1 : Méthode de sondage de l'inventaire national : représentation d'une Unité Primaire (UP)



Les arbres ont été comptés, toutes essences confondues à partir de 20 cm de dhp (diamètre à hauteur de poitrine) par classe de diamètre de 10 cm. Il existe quatorze classes, la dernière comprenant les tiges de 150 cm et plus de dhp.

D'autre part une cotation qualitative a été effectuée pour toutes les tiges de dhp supérieur à 40 cm et appartenant aux groupes d'essences principales et secondaires définis dans les normes nationales camerounaises (ONADEF, 1991). La liste de ces essences se trouve en Annexe 1.

3.3.2. L'inventaire d'aménagement

3.3.2.1. Situation des blocs inventoriés

Deux grands blocs ont été inventoriés entre 1993 et 1995 (Cf Carte 2).

Le premier que nous appellerons par la suite « bloc Nord » couvre une superficie totale d'environ 275 000 ha. 5 464 placettes d'inventaire ont été installées représentant 2 732 ha de comptage. Ce bloc se situe intégralement en forêt semi-caducifoliée avec parfois des zones présentant un faciès de dégradation causée par les cultures ou l'exploitation forestière. Toute la zone a été parcourue par l'exploitation forestière depuis une trentaine d'années de manière plus ou moins intensive selon l'époque. Le prélèvement actuel se situe environ à une tige à l'hectare.

Le second bloc que nous nommerons « bloc Sud » couvre une superficie totale de 248000 ha. 4 955 placettes d'inventaire ont été installées représentant 2 477,5 ha de comptage. Selon les cartes phytogéographiques de Letouzey (1985), il comporte une grande partie de forêt de transition, son extrémité Nord-Est se situe en forêt semi-caducifoliée et toute sa frange Ouest en forêt toujours verte du Dja.

3.3.2.2. Méthode d'inventaire

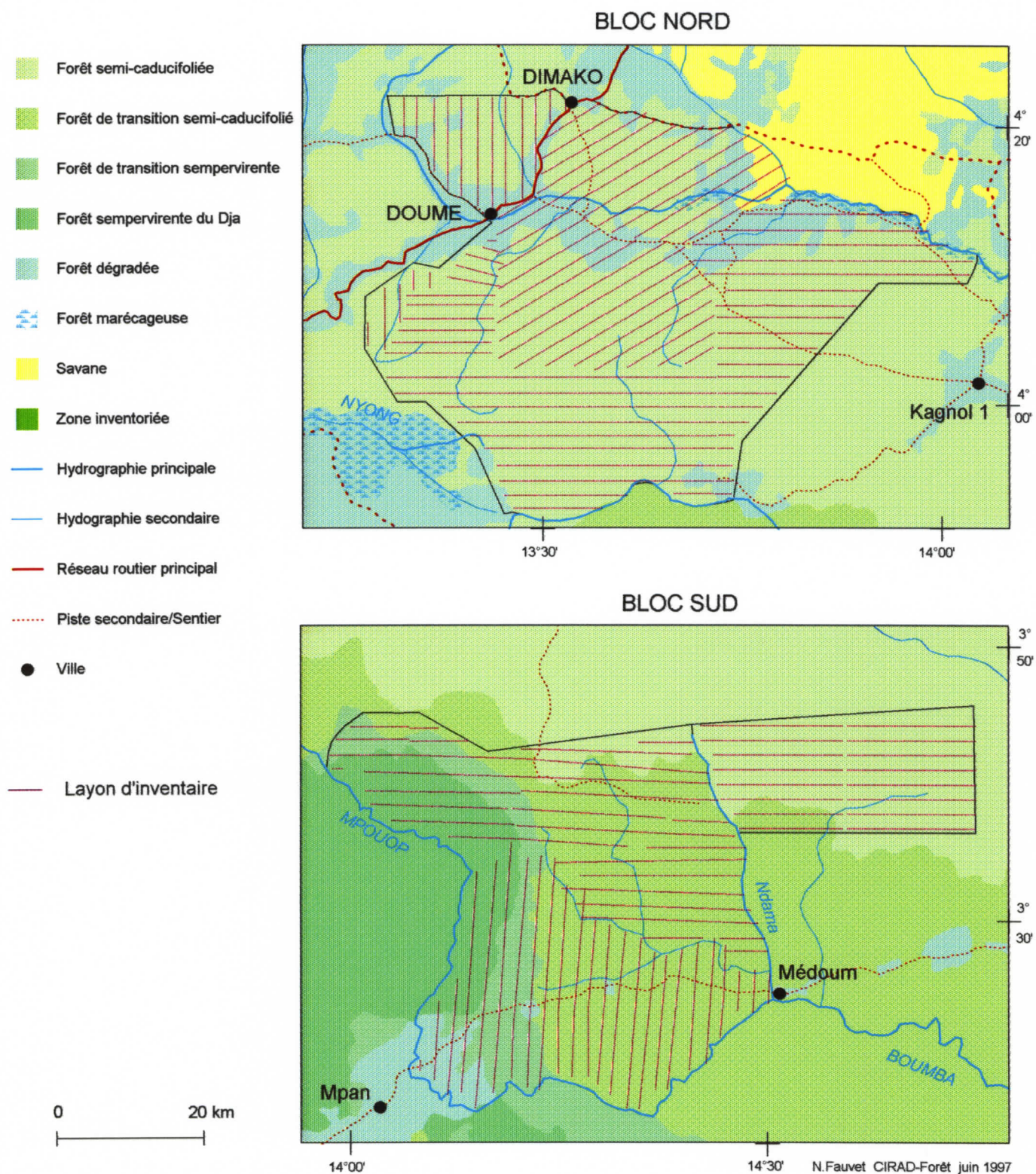
L'inventaire statistique réalisé est de type systématique avec un taux de sondage de 1 %. Les placettes unitaires de comptage de 0,5 ha (20 m x 250 m) sont situées en continu dans le sens de la longueur sur des layons équidistants de 2 km. Les caractéristiques du comptage sont les mêmes que celles de l'inventaire national. La plus grande partie des travaux a été soustraite à l'Office National de Développement des Forêts (ONADEF). Le projet API s'est chargé de la vérification des travaux qui a conduit parfois à des reprises de l'inventaire pour certaines zones.

La saisie et le traitement des données pour les besoins de l'aménagement n'ont concerné que 68 espèces de l'ensemble des essences inventoriées. Elles correspondent aux espèces de l'Annexe 1 présentes dans la zone d'inventaire. La liste de ces essences est fournie dans le tableau suivant :

Tableau 2 : Essences prises en compte pour les aménagements

Code	Appellation	Code	Appellation
101	<i>Khaya grandifoliola</i>	306	<i>Celtis zenkeri</i>
102	<i>Khaya anthotheca</i>	307	<i>Morus mesozygia</i>
103	<i>Khaya ivorensis</i>	309	<i>Coelocaryon preussii</i>
104	<i>Pericopsis elata</i>	310	<i>Alstonia boonei</i>
105	<i>Mansonia altissima</i>	311	<i>Terminalia superba</i>
106	<i>Guarea cedrata</i>	312	<i>Ceiba pentandra</i>
107	<i>Guarea thompsonii</i>	313	<i>Albizia ferruginea</i>
108	<i>Lovoa trichilioides</i>	314	<i>Pycnanthus angolensis</i>
110	<i>Azelia bipindensis</i>	315	<i>Bombax brevicuspe</i>
111	<i>Azelia africana</i>	316	<i>Lanea welwitschii</i>
112	<i>Diospyros crassiflora</i>	317	<i>Erythroxylum mannii</i>
114	<i>Milicia excelsa</i>	319	<i>Autranella congolensis</i>
115	<i>Entandrophragma candollei</i>	320	<i>Funtumia elastica</i>
116	<i>Nesogordonia papaverifera</i>	321	<i>Staudtia kamerunensis</i>
118	<i>Baillonella toxisperma</i>	322	<i>Mammea africana</i>
120	<i>Entandrophragma cylindricum</i>	323	<i>Cylicodiscus gabonensis</i>
121	<i>Entandrophragma utile</i>	324	<i>Antrocaryon klaineum</i>
122	<i>Entandrophragma angolensis</i>	325	<i>Antrocaryon micraster</i>
123	<i>Millettia laurentii</i>	326	<i>Pterocarpus soyauxii</i>
201	<i>Aningeria altissima</i>	327	<i>Pterocarpus mildbraedii</i>
202	<i>Aningeria robusta</i>	328	<i>Erythrophleum ivorense</i>
203	<i>Triplochiton scleroxylon</i>	329	<i>Oxystigma oxyphyllum</i>
204	<i>Lophira alata</i>	330	<i>Gosweilodendron balsamiferum</i>
205	<i>Hallea ciliata</i>	331	<i>Microberlinia bisulcata</i>
206	<i>Fagara heitzii</i>	438	<i>Detarium macrocarpum</i>
213	<i>Eribroma oblonga</i>	448	<i>Ongokea gore</i>
214	<i>Gambeya africana</i>	465	<i>Turreanthus africanus</i>
215	<i>Distemonanthus benthamianus</i>	557	<i>Bombax buonopozense</i>
217	<i>Sterculia rhinopetala</i>	558	<i>Pterygota macrocarpa</i>
218	<i>Dacryodes buettneri</i>	563	<i>Amphimas spp</i>
301	<i>Canarium schweinfurthii</i>	628	<i>Anopyxis klaineana</i>
302	<i>Antiaris africana</i>	645	<i>Desbordesia glaucescens</i>
304	<i>Nauclea diderrichii</i>	650	<i>Pteleopsis hylodendron</i>
305	<i>Piptadeniastrum africanum</i>	661	<i>Swartzia fistuloides</i>

Carte 2 . Plan de sondage des blocs nord et sud



Le fichier de données du bloc Nord comprend 110 000 arbres et celui du bloc Sud 68 000 arbres pour ces seules espèces.

3.3.3. Limites des données d'inventaire

Il est nécessaire de considérer que les résultats obtenus à partir de ces données d'inventaires ne peuvent être rigoureusement exacts. Avec des inventaires de ce type, des erreurs sont tolérées à certains seuils, définis au Cameroun dans des normes nationales (ONADEF, 1991).

Nous allons analyser les différents types d'erreurs qui peuvent survenir dans les opérations d'inventaires et la façon dont elles peuvent influencer les résultats de cette étude.

3.3.3.1. Erreurs de détermination d'essence

Les erreurs de détermination pour le lot d'espèces commerciales qui font l'objet de cette étude sont pratiquement inexistantes car ces espèces sont bien connues des prospecteurs.

Il n'en est probablement pas de même en ce qui concerne l'ensemble des autres espèces comptées, en particulier pour les essences les moins courantes. L'erreur la plus fréquente semble être alors une confusion au niveau des espèces pour certains genres (CTFT, 1983).

Ce type d'erreur n'aura cependant pas d'influence lorsqu'il s'agira d'étudier la structure globale des forêts. C'est à cette seule fin que nous utiliserons les comptages de l'ensemble des espèces.

3.3.3.2. Oubli ou ajout d'un arbre.

Ce type d'erreur concerne les arbres de bordure des placettes de comptage et les arbres à la limite de la première classe de dhp.

C'est une erreur qui peut avoir des répercussions importantes lorsqu'il s'agit, dans le cas des aménagements, de fournir des résultats en tiges ou en volume à l'hectare pour une parcelle donnée à partir des placettes sondées. C'est pourquoi la proportion moyenne de ce type d'erreur au dessus de laquelle le travail de prospection est jugé inacceptable est fixé à 10 % par les normes nationales. La vérification des travaux réalisée sur 10% des surfaces comptées a situé l'erreur réalisée autour de 7%.

Dans le cadre de notre étude, cette erreur peut avoir une influence sur la représentation des structures diamétriques au niveau de l'effectif de la première classe de comptage et au niveau du calcul des densités à l'hectare. Mais étant donné l'erreur observée et les phénomènes de compensation qui surviennent, ce type d'erreur n'aura pas d'incidence sur les conclusions de l'étude.

3.3.3.3. Erreurs de mensuration

Nous avons pu constater lors des vérifications des travaux que les erreurs de mensurations portaient essentiellement sur des arbres se trouvant à la limite de deux classes de DHP. Une autre source d'erreur était liée à la mesure d'arbres à contreforts et/ou à cannelures. Le cas de *Alstonia boonei* est symptomatique et il a d'ailleurs été fait abstraction de cette essence lors de la procédure de vérification.

La proportion moyenne de ce type d'erreur au dessus de laquelle le travail est jugé inacceptable est fixé à 20 % par les normes nationales. La vérification des travaux a situé l'erreur réalisée autour de 15%.

Normalement des erreurs de ce genre se compensent globalement. Nous avons pu le vérifier lors des travaux. Il n'en est pas forcément de même lorsque l'on s'intéresse à une essence particulière dont l'effectif échantillonné est restreint. C'est pourquoi afin de minimiser le risque de biais, nous n'avons réalisé des études de structure diamétrique que sur des espèces présentes en abondance.

3.3.3.4. Erreurs de dénomination d'espèce.

Cette erreur est indiquée pour mémoire car elle ne concerne pas le lot d'essences commerciales qui nous intéresse. C'est cependant la première erreur à laquelle nous avons été confrontés lorsque nous avons examiné les comptages de l'ensemble des espèces.

Le lexique établi au niveau national fournissant les numéros de code, les noms pilotes et vernaculaires et les noms scientifiques de plus de 600 espèces comporte certaines erreurs au niveau de l'association des noms scientifiques à leur dénomination locale. Ainsi par exemple pour le "Nom mbanga", donné comme *Crudia gabonensis* alors qu'il est indiqué comme *Angylocalyx pynaertii* dans la deuxième phase de l'inventaire national (CTFT, 1985) ou du "Nom assas" dont le nom scientifique proposé est *Rapance neurophylla* (Euphorbiacée) genre inconnu à l'herbier national (Letouzey, 1985) et pour cause car il n'existe pas. Il s'agit probablement d'un type de *Macaranga hurifolia* dont le nom local est "Assas".

3.3.3.5. Erreurs de saisie

Les fichiers d'essences commerciales saisis pour la réalisation des aménagements ont été intégralement vérifiés ligne par ligne. Des erreurs peu nombreuses ont été trouvées correspondant essentiellement à des oublis de partie de placette lorsque deux arbres ayant les mêmes caractéristiques étaient espacés de quelques lignes sur la fiche de pointage. Toutes les erreurs ont été corrigées. Si certaines peuvent subsister, elles sont certainement rares.

En conclusion, les vérifications supervisées par nos soins nous permettent d'affirmer que dans le fichier concernant les 68 essences commerciales les erreurs existantes se situent en deçà des marges tolérées et ne devraient pas affecter les conclusions de l'étude.

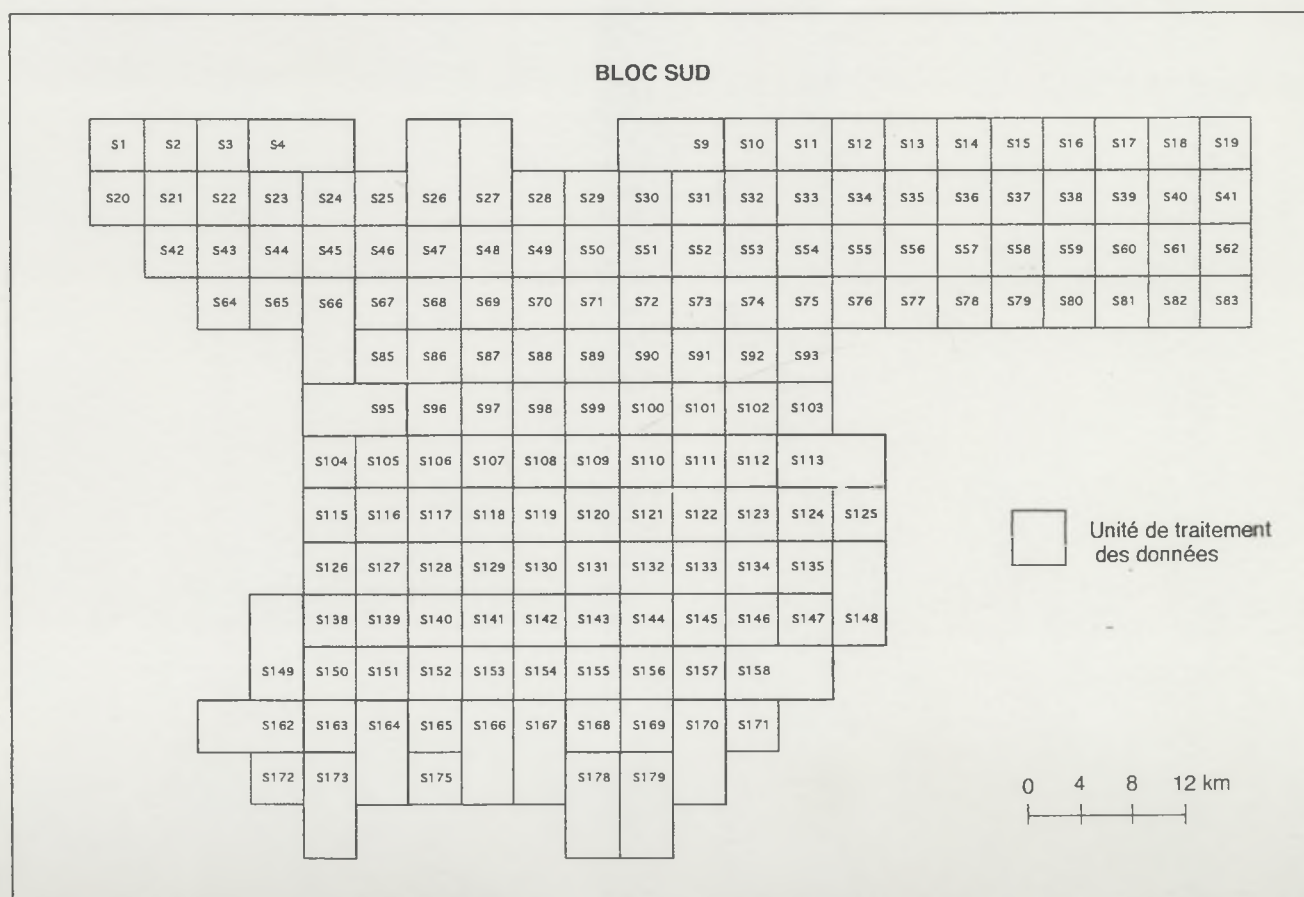
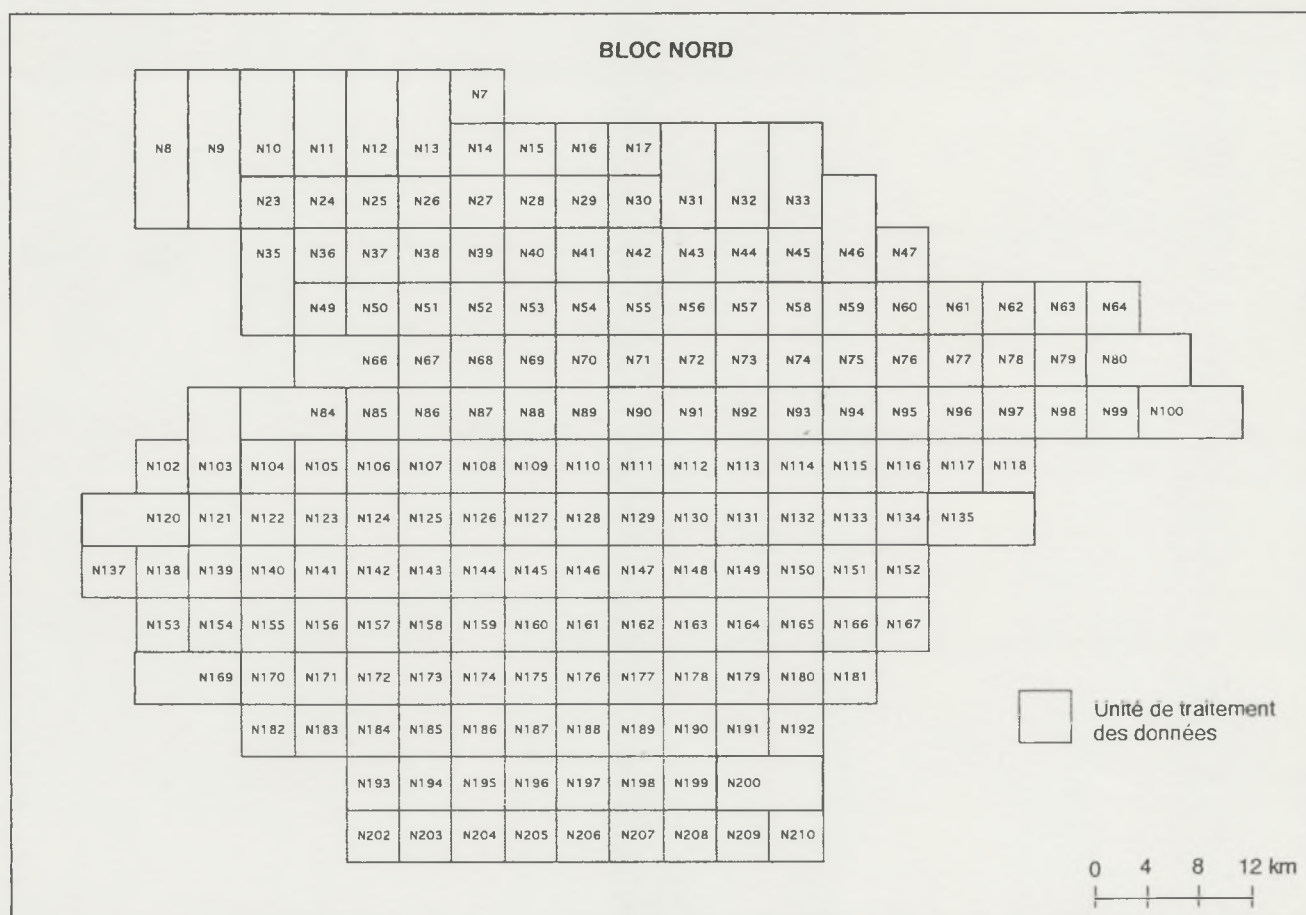
3.4. Traitement des données

3.4.1. Préparation des données

Chacun des blocs a été divisé en unités de 1 600 ha. Une grille de maille carrée de 4 km x 4 km disposée sur les deux blocs a servi à effectuer le découpage dans le Système d'Information Géographique. C'est le logiciel « Mac-Map » pour Macintosh qui a été utilisé.

Le bloc Nord est ainsi constitué à l'origine de 210 unités et le bloc Sud de 183 unités. (Cf Carte 3)

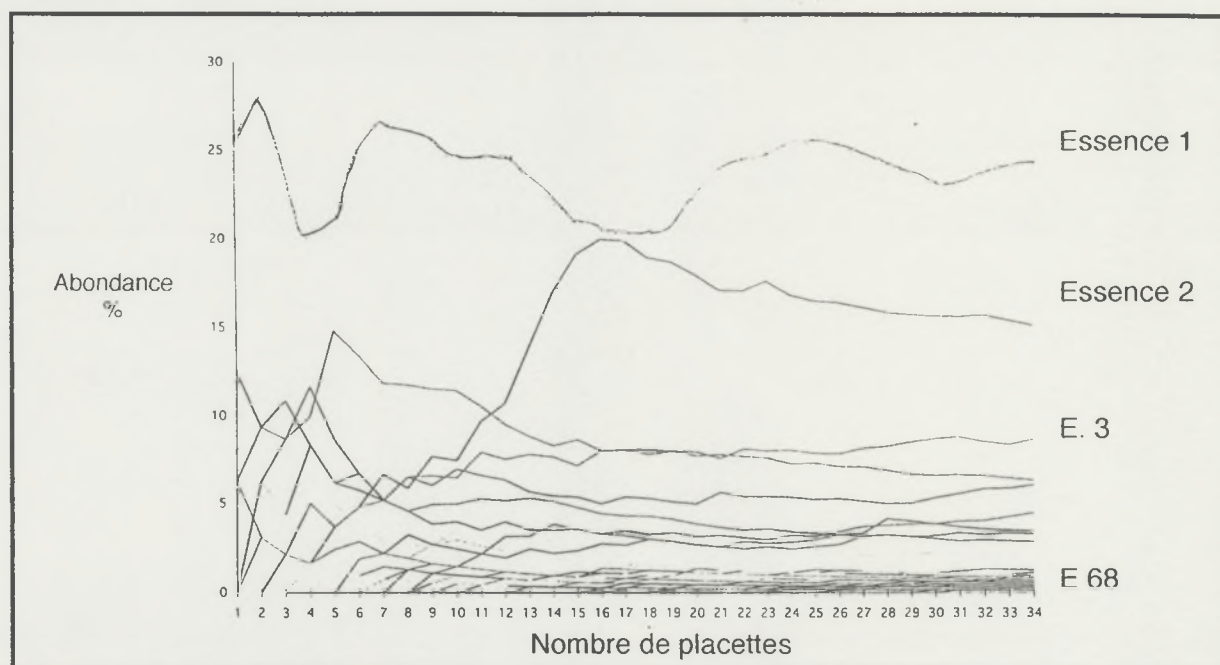
Carte 3 : Disposition des unités des blocs Nord et Sud



Les effectifs par essence et par classe de diamètre ont été recalculés pour chaque unité en tenant compte des placettes qu'elle contient.

Chaque unité contient un minimum de 14 placettes représentant 7 ha de comptage. Nous avons vérifié sur plusieurs unités prises au hasard que cette surface correspond à la surface minimale pour laquelle l'abondance relative des espèces se stabilise. Pour chaque unité testée, la comparaison par un test χ^2 de l'abondance relative des espèces établie sur 7 ha et sur 16 ha n'indique pas de différence significative pour un risque $\alpha = 0,05$. La figure 2 montre pour une unité, l'évolution de l'abondance relative des espèces pour un nombre croissant de placettes d'inventaire prises en compte;

Figure 2 : Unité N 107 - Evolution de l'abondance relative des espèces par surface de comptage croissante.



Les unités ne comportant pas suffisamment de placettes, comme c'est le cas de celles en bordure de bloc, ont été rattachées à l'unité voisine en tenant compte du layon d'origine des placettes. Enfin, il s'est avéré que certaines unités ne contenaient en fait aucun arbre. Elles ont été éliminées. Ceci explique les « trous » dans la numérotation des unités.

Afin de permettre des comparaisons entre unités, les résultats bruts de chaque unité obtenus pour des surfaces variables, ont été ensuite ramenés pour 16 ha correspondant à la surface inventoriée pour la majorité des unités (32 placettes incluses).

On trouvera en annexes 2 et 3 les caractéristiques des unités de chaque bloc.

3.4.2. Analyse

Dans le but d'identifier les principaux types de forêts décrits par Letouzey (1985) dans la zone d'étude, deux méthodes d'analyse multivariée ont été utilisées pour le traitement des données.

D'autre part, nous nous sommes servi de la fonction de Weibull pour décrire les structures diamétriques des espèces étudiées.

3.4.2.1. Classification automatique

L'objectif de la classification automatique est de subdiviser un ensemble de p objets (les relevés) en un nombre k de classes ou groupes, cette subdivision se faisant à partir des observations relatives à n variables (les espèces).

Pour alléger l'analyse il est souvent utile d'éliminer les espèces rares, présentes dans un ou deux relevés seulement, qui risqueraient de compliquer l'interprétation des résultats, à moins qu'elles ne revêtent une importance particulière. Chaque site possédant ses propres particularités, aucune règle ne peut être fixée. C'est par essais que l'on doit procéder, jusqu'à l'obtention d'un résultat jugé satisfaisant (Palm, 1996). Dans notre cas, nous n'avons considéré que les espèces présentes dans plus de 10% des unités.

Les variables considérées sont quantitatives exprimées en nombre d'individus pour 16 ha. On remarque cependant que les ordres de grandeur sont très différents. Avec pratiquement une présence dans le même nombre de relevés, le nombre moyen de *Terminalia superba* est 12 fois plus important que celui de *Gambeya africana* et l'écart-type du nombre de *Terminalia* 8 fois plus grand que l'écart type du nombre de *Gambeya*. Ces différences importantes sont inhérentes aux caractéristiques étudiées et ne reflètent pas le caractère discriminant des espèces. Nous avons donc choisi de standardiser les variables, ce qui leur donne une importance comparable.

Nous avons employé une méthode de classification hiérarchique agglomérative basée sur l'algorithme de WARD comme stratégie d'agrégation. Le principe de la méthode de Ward est d'effectuer les regroupements de manière à ce que la différence de R^2 pour deux partitions successives soit aussi faible que possible, R^2 étant le rapport entre la somme des carrés des écarts globale entre les groupes et la somme des carrés des écarts globale totale. C'est la méthode qui convient le mieux pour traiter des données avec la distance euclidienne (Saporta, 1990). L'analyse a été réalisée à l'aide du logiciel d'analyse de données MINITAB (1994).

Comme l'objectif de l'analyse est de distinguer quelques types de forêts, nous avons choisi de retenir cinq classes, correspondant au nombre de types de forêts identifiés par Letouzey dans la zone d'étude.

3.4.2.2. Analyse Factorielle des Correspondances

Cette technique de traitement des données est classique en phytosociologie où elle a largement fait ses preuves. Elle permet une ordination dans un espace réduit du nuage constitué par les p unités (objets) et celui des n espèces (variables). Elle autorise ainsi une compréhension plus facile des différentes structures (groupes d'unités, groupes d'espèces...) grâce à l'examen des projections des nuages unités et espèces sur les différents plans factoriels. Elle permet d'étudier les proximités entre les différentes espèces suivant la manière dont elles se répartissent dans les différentes unités. Réciproquement, on peut étudier la proximité entre ces unités, selon la ressemblance des lots d'espèces qui les décrivent.

Elle nous a servi à caractériser en fonction des espèces les différents groupes d'unités individualisés par la classification. Nous avons utilisé le logiciel d'analyse de données A.D.E. (Thioulouse et al, 1995) pour les représentations graphiques et SAS (1990) pour les tableaux de résultats.

3.4.2.3. Etude des structures diamétriques

Structure totale

Les résultats relatifs aux blocs Nord et Sud sont issus d'une compilation spéciale réalisée par l'ONADEF pour le projet API à partir des données de l'inventaire de reconnaissance (ONADEF, 1992a).

L'inventaire prend en compte quatorze classes, la dernière (classe 14) comprenant les tiges de 150 cm et plus, mais les tableaux de l'inventaire de reconnaissance, qui nous ont permis d'établir les structures des deux blocs, regroupent en une dernière classe les tiges de 100 cm et plus.

Les résultats sont décomposés par strates. Les strates identifiées sont issues de l'interprétation de photos aériennes au 1/20 000 prises en 1989. Nous avons retenu les résultats des deux grandes formations identifiées sur sol ferme. La description de ces deux strates donnée par l'ONADEF (1992b) est la suivante :

- La strate Secondaire Adulte (SA) correspond à des peuplements composés d'essences héliophiles à feuillage caducifolié parfois accompagnées d'essences à feuillage persistant. La hauteur est variable avec une moyenne de 35 mètres pour les dominants. Le diamètre moyen est de 45 centimètres et la densité du couvert de 75%. Cette formation présente une certaine hétérogénéité et montre des signes de perturbations, causées par l'exploitation forestière et l'installation de champs le long des voies d'accès créées par celle-ci. Des couronnes d'arbres de grande envergure sont toutefois encore visibles sur les photos démontrant le stade adulte de ces peuplements.
- La strate Dense Humide Sempervirente ou Caducifoliée (DHS) correspond à plusieurs sous-types regroupés pour les besoins de l'inventaire de reconnaissance. Ce type de forêt est composé de grands arbres dépassant souvent la hauteur de 40 mètres et atteignant des diamètres de 250 centimètres. Les types et sous-types forestiers regroupés au sein de ces formations se reconnaissent sur les photos par l'importance de leur couvert forestier qui est très haut et très fermé. Gauthier (1988) indique une densité d'au moins 80% pour le couvert.

Structure par espèce

L'analyse des structures diamétriques des espèces a été réalisée au moyen d'histogrammes obtenus à partir des résultats d'inventaire par classe de diamètre. Pour établir les histogrammes, des regroupements d'unités ont été nécessaires afin de constituer des échantillons comportant plus de cinquante individus. Ces regroupements ont été réalisés en tenant compte le plus possible des différents types de forêts identifiées par les analyses précédentes.

Pour caractériser la forme des distributions observées, nous les avons ajusté à la distribution de Weibull qui permet de décrire une grande variété de formes de courbes (Bailey et Dell). Sa fonction de densité de probabilité est la suivante :

$$f(x) = (c/b) ((x-a)/b)^{c-1} \exp\{-(x-a)/b\}^c$$

pour $x \geq a$, $a \geq 0$, $b > 0$, $c > 0$

Les trois paramètres de la relation sont :

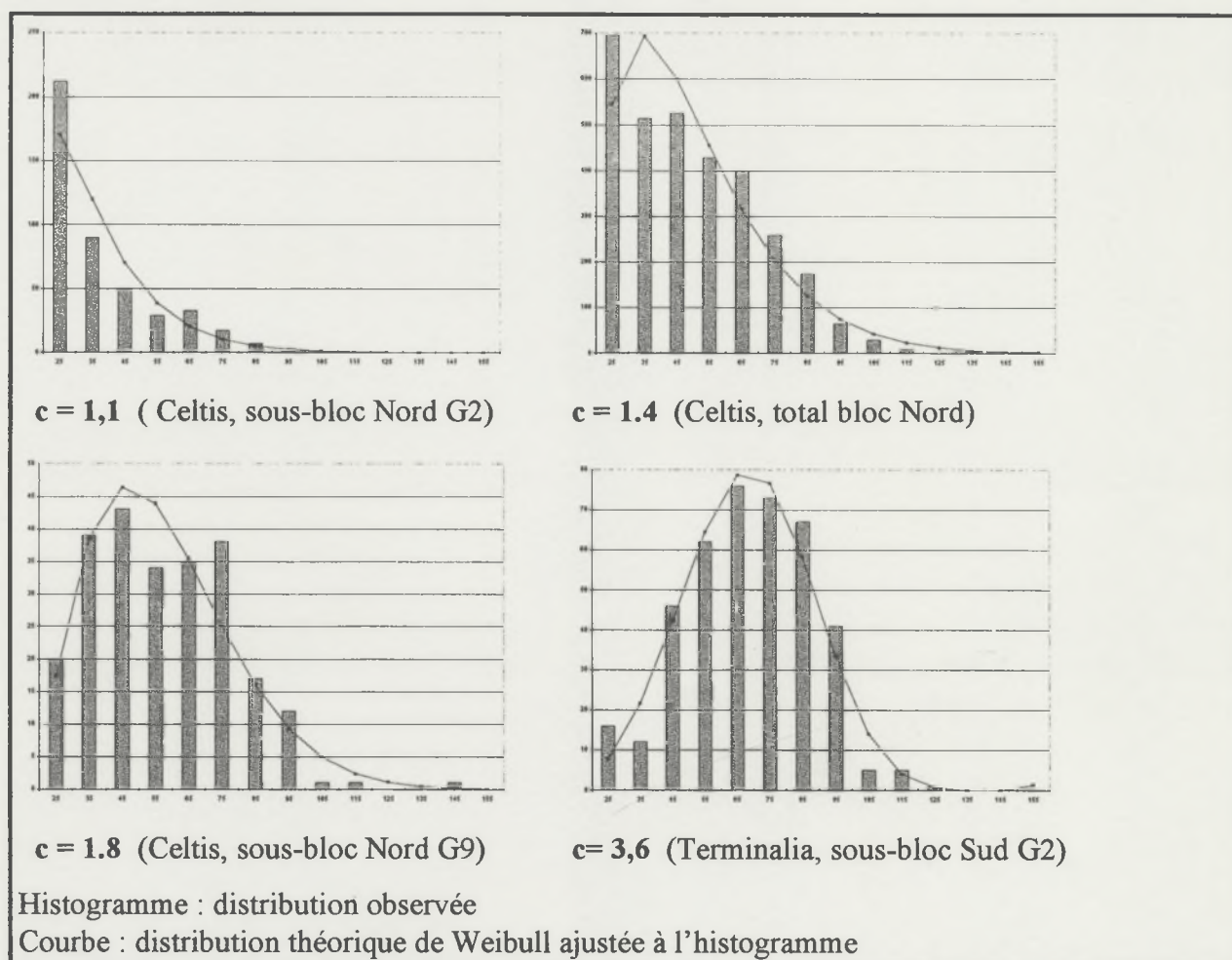
- a : le paramètre de localisation qui donne la valeur minimum de la distribution ;
- b : le paramètre d'échelle ;
- c : le paramètre de forme, qui détermine la dissymétrie de la distribution. Pour une valeur de $c=1$, la distribution prend l'allure d'une exponentielle décroissante ; pour

une valeur de 3,6 l'allure est celle d'une distribution normale. La dissymétrie sera gauche ou droite selon que c est supérieur ou inférieur à 3,6.

L'estimation des paramètres a été réalisée par la méthode du maximum de vraisemblance grâce au programme « Weib3 » écrit en basic pour PC qui a servi aux travaux de Lejeune (1994). Nous nous sommes mis dans l'option d'échantillons tronqués.

La conformité entre les distributions théoriques obtenues et les distributions observées a été vérifiée avec le test d'ajustement χ^2 de Pearson. Le test a nécessité de regrouper certaines classes d'effectifs insuffisants (Dagnelie, 1975). Les comparaisons des distributions conduisent souvent à rejeter l'hypothèse d'égalité à cause du faible nombre de degrés de liberté et du peu d'observations sur lesquelles sont basées les ajustements. Le paramètre c estimé reste néanmoins un bon indicateur de la forme des distributions étudiées, lorsque celles-ci ne présentent pas plusieurs modes.

Figure 3 : variation du paramètre c de la fonction de Weibull selon la forme des distributions observées



4. CARACTERISATION DES FORETS DANS LES DEUX BLOCS

4.1. Eléments de la structure

Les différents paramètres qu'il était possible d'extraire des données d'inventaire pour caractériser la structure globale des massifs étudiés sont rassemblés dans le tableau suivant :

Tableau 3 : Eléments de la structure globale des massifs étudiés

BLOCS	Surface inventoriée (ha)	Densité (arbres/ha) (dhp ≥ 20 cm)	Nombre gros arbres/ha (dhp ≥ 50 cm)	Surface terrière (m ²)
Nord Strate SA	16,0	167	30	25
Nord Strate DHS	62,5	174	37	27
Total Bloc Nord	78,5	173	36	25
Bloc Sud (DHS)	198	140	29	24

4.1.1. Densité du peuplement arborescent

La densité des arbres de diamètre supérieur ou égal à 20 cm est plus importante dans le bloc Nord que dans le bloc Sud. Le document d'où sont extraits les résultats ne fournit malheureusement pas de données (minima et maxima, écart-type) permettant de vérifier si cette différence est significative. Cependant, l'importance des surfaces inventoriées ainsi que leur localisation laissent supposer que cette différence n'est pas due au hasard. La plus forte densité de tiges en forêt semi-décidue a aussi été noté par Letouzey (1968) même si certains relevés présentés par Rollet (1974, Annexe 5) ne permettent pas de généraliser cette affirmation.

Les densités observées (arbres/ha de dhp ≥ 20 cm) se situent dans la limite inférieure des densités relevées dans la littérature par Malaisse (1982) pour ces types de forêts. La densité du bloc Nord est cependant comparable à celle de la forêt pantropicale calculée par Rollet (1974) (Cf 3.1.3.) qui indique 171 tiges/ha de dhp ≥ 20 cm.

Concernant les arbres de grande taille, Letouzey (1968) indique un nombre d'individus de diamètre supérieur à 50 cm variant de 20 à 28 pour la forêt congolaise dont notre bloc Sud est presque entièrement constitué et de 42 à 55 pour la forêt semi-caducifoliée. Il considère ces chiffres comme caractéristiques de chaque type de forêt.

4.1.2. Surface terrière

Les surfaces terrières observées de 25 m² à l'hectare pour la forêt semi-décidue et 24 m²/ha pour les forêts de transition et sempervirente rentrent dans la fourchette des observations réalisées pour des forêts denses humides (Rollet, 1979). Huttel (1975) indique par exemple pour des forêts denses de Côte d'Ivoire une moyenne de 32 m²/ha (au dessus de 13 cm de diamètre) et d'après la structure pantropicale calculée dans Rollet (1974), la surface terrière moyenne des arbres de diamètre supérieur ou égal à 20 cm des forêts sempervirentes de plaine serait voisine de 21 m².

4.1.3. Répartition des arbres en classes de diamètre

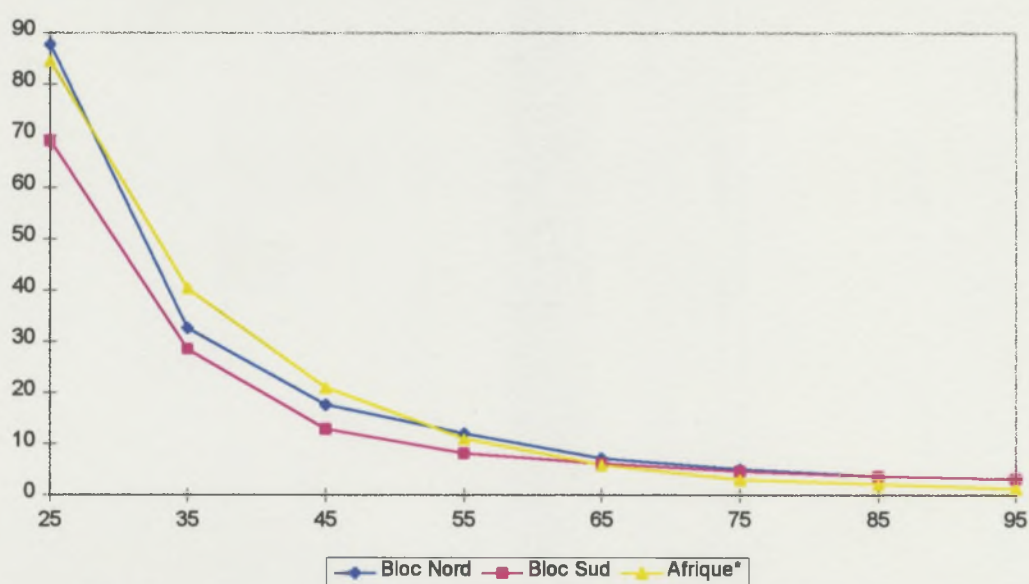
Les structures totales des deux blocs étudiés sont présentées dans le Tableau 4 et la Figure 4. Elles sont comparées à la structure pantropicale proposée par Rollet (1974).

Tableau 4 : Effectifs totaux à l'hectare par classe de diamètre

	20-30	30-40	40-	50-	60-	70-	80-	90-	100 et +	Total
Nord	87,7	32,6	17,7	12,1	7,2	5,0	3,7	3,2	2,8	173
Sud	69,1	28,6	12,8	8,1	6,1	4,6	3,7	3,2	3,4	140
Afrique*	84,5	40,4	20,9	11,0	5,9	3,1	2,2	1,3	1,8	171

* D'après Rollet 1974

Figure 4 : Structures diamétriques totales des blocs inventoriés



Les deux distributions du bloc Nord et de l'Afrique ne peuvent être différenciées par un test d'ajustement χ^2 ($\alpha = 0,05$). La distribution du bloc Sud est par contre significativement différente des deux autres.

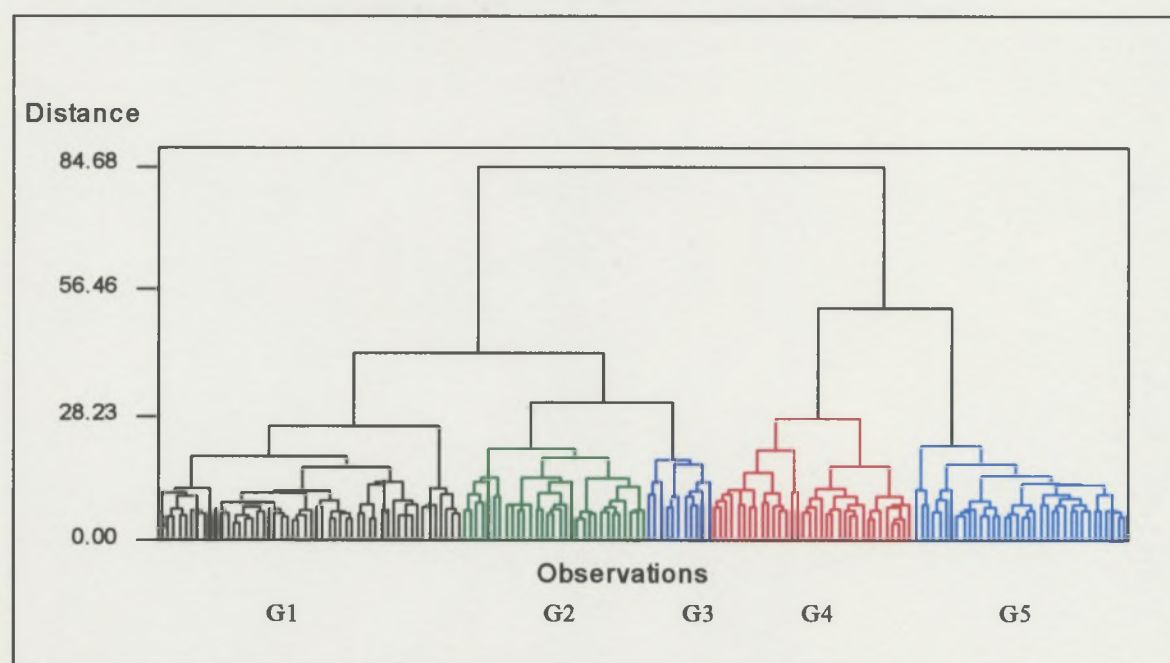
4.2. Identification des grands types de forêts

Nous nous proposons dans cette partie d'identifier les principaux types de forêts décrits par Letouzey (1985) dans la zone d'étude.

4.2.1. Bloc Sud

Le dendrogramme obtenu après classification des unités du bloc Sud est le suivant :

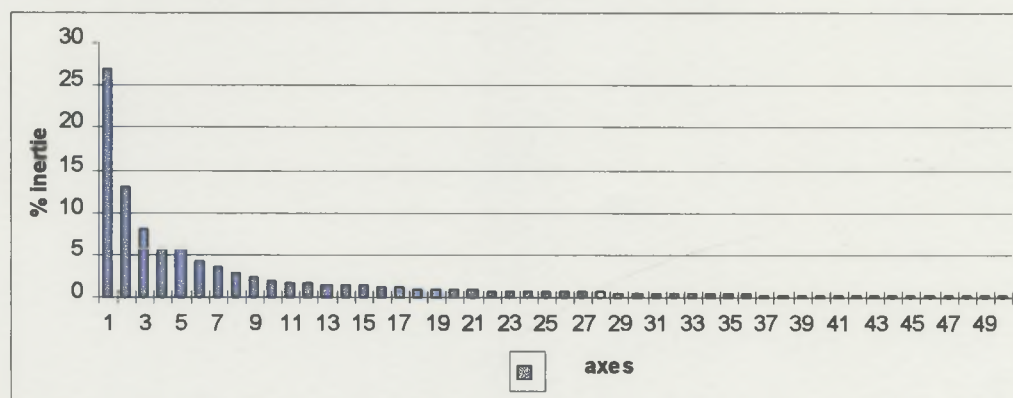
Figure 5 : Dendrogramme de la classification des unités du bloc Sud



On distingue 5 groupes d'unités notés G1 à G5. Ces groupes correspondent sur le terrain à la situation représentée sur la carte 4. A part quelques unités légèrement dispersées, les groupes forment sur le terrain des blocs homogènes.

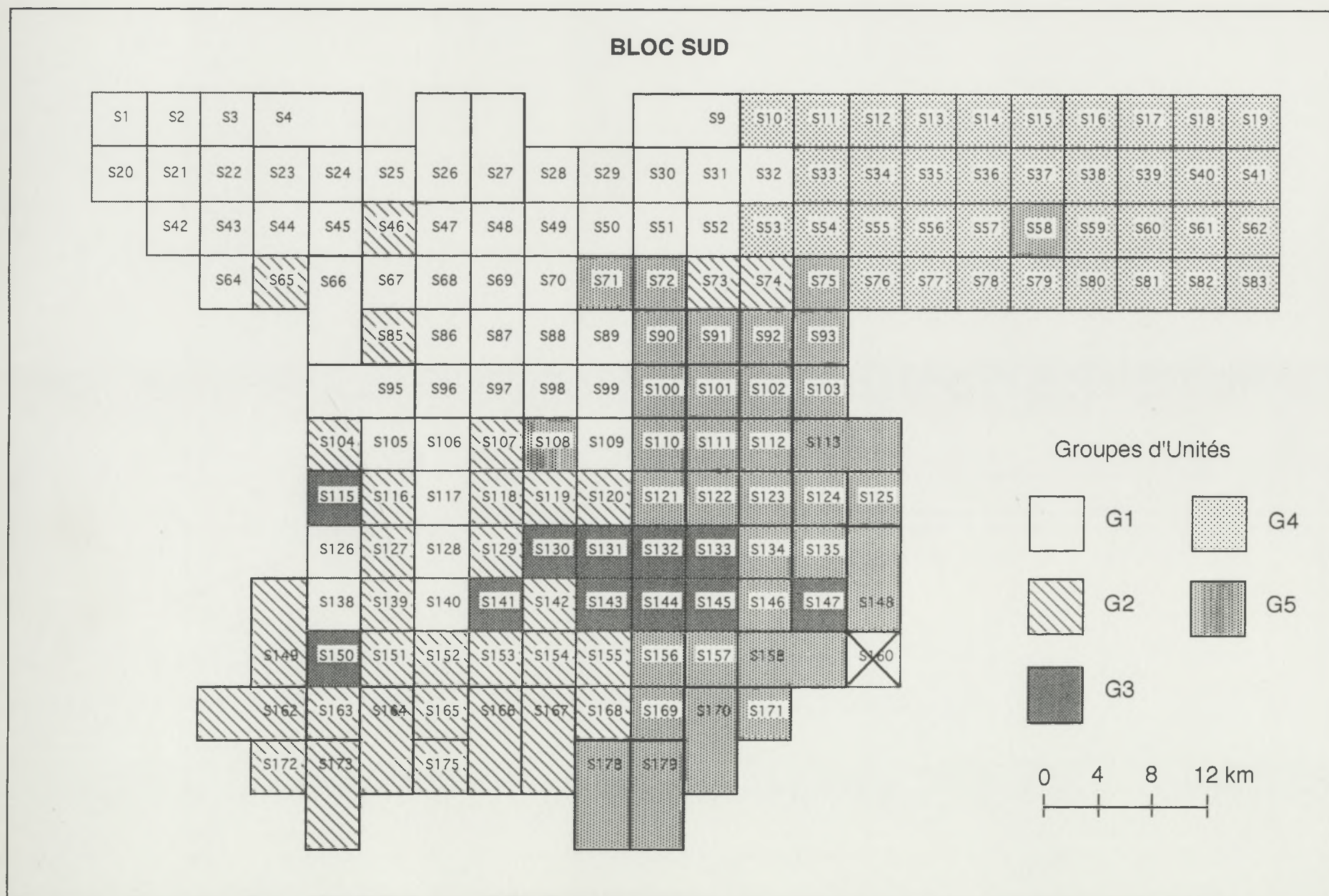
Une AFC a été réalisée pour mieux visualiser les liaisons entre les espèces et les groupes de relevés. Les pourcentages de l'inertie expliqués par les axes principaux sont assez faibles (Figure 6).

Figure 6 : Pourcentage d'inertie expliqué par les axes



Il faut 4 axes pour expliquer 50 % de l'inertie totale et 11 pour en expliquer 75%. L'AFC n'est donc pas très utile au niveau de la réduction du nombre d'axes. Cela signifie que chaque variable apporte une information particulière. Nous ne conserverons de ce fait pour l'interprétation que 3 axes qui nous permettront de mettre en évidence la contribution de quelques espèces caractéristiques. Les figures 7 et 8 présentent les projections des unités et des espèces sur les deux premiers axes.

Carte 4 : Disposition des groupes d'unités dans le bloc Sud



L'axe 1 (26,9 % de l'inertie totale) oppose *Desbordesia* (code 645) dont la contribution relative (c.r.) à l'inertie expliquée par l'axe est de 48% à *Mansonia* (105) (c.r.: 16%), à *Triplochiton* (203) (c.r.: 9%) et à *Pericopsis* (104) (c.r.: 8%). Ces quatre points sont bien représentés sur l'axe 1.

L'axe 2 (13,1 % de l'inertie) oppose *Pericopsis* (c.r.: 50%) et *Erythroxylum* (317) (c.r.: 13%) à *Milletia* (123) (c.r.: 7%). Les points sont bien représentés sur l'axe.

Le troisième axe (8,1 % de l'inertie) oppose *Triplochiton* (c.r.: 28%) à *Mansonia* (c.r.: 19%), *Hallea* (205) et *Desbordesia* (c.r.: 17%). Mis à part *Desbordesia* dont le cosinus carré est égal à 0,09 les points sont bien représentés sur l'axe.

Il apparaît que le premier axe représente grossièrement un gradient allant du Sud-Est au Nord-Ouest correspondant au passage de la forêt semi-caducifoliée à la forêt sempervirente. Le second axe exprime l'abondance relative de *Pericopsis* et de *Erythroxylum* au Sud du bloc ainsi que celle du *Milletia* et du *Pterocarpus* au Nord. Enfin le troisième axe opposant toujours forêt sempervirente à forêt semi-caducifoliée apporte une information concernant le *Hallea*, espèce caractéristique des zones humides et marécageuses.

L'examen des classes d'espèces obtenues par classification permet globalement de retrouver la stratification phytogéographique proposée par Letouzey dans la zone. On distingue 5 classes d'espèces notées C1 à C5.

Tableau 5 : Classes d'espèces après classification dans le bloc Sud

CLASSES	ESPECES
CLASSE 1	101 <i>Khaya grandifoliola</i> 106 <i>Guarea. cedrata</i> 111 <i>Afzelia bipindensis</i> 115 <i>Entandrophragma candollei</i> 122 <i>Entandrophragma angolensis</i> 201 <i>Aningeria altissima</i> 202 <i>Aningeria robusta</i> 206 <i>Fagara</i> 218 <i>Dacryodes</i> 301 <i>Canarium</i> 305 <i>Piptadeniastrum</i> 309 <i>Coelocaryon</i> 314 <i>Pycnanthus</i> 323 <i>Cylicodiscus</i> 438 <i>Detarium</i> 448 <i>Ongokea</i> 557 <i>Bombax</i> 558 <i>Pterygota</i> 563 <i>Amphimas</i> 628 <i>Anopyxis</i> 661 <i>Swartzia</i>
CLASSE 2	104 <i>Pericopsis</i> 105 <i>Mansonia</i> 112 <i>Diospyros</i> 114 <i>Milicia</i> 120 <i>Entandrophragma cylindricum</i> 203 <i>Triplochiton</i> 205 <i>Hallea</i> 213 <i>Eriobroma</i> 306 <i>Celtis</i> 310 <i>Alstonia</i> 311 <i>Terminalia</i> 312 <i>Ceiba</i> 316 <i>Lannea</i> 317 <i>Erythroxylum</i> 320 <i>Funtumia</i> 328 <i>Erythrophleum</i>
CLASSE 3	107 <i>Guarea thompsonii</i> 110 <i>Afzelia pachyloba</i> 116 <i>Nesogordonia</i> 123 <i>Milletia</i> 326 <i>Pterocarpus soyauxii</i>
CLASSE 4	108 <i>Lovoa</i> 121 <i>Entandrophragma utile</i> 214 <i>Gambeya</i> 304 <i>Nauclea</i> 313 <i>Albizia</i> 315 <i>Rhodognaphalon</i> 319 <i>Autranella</i>
CLASSE 5	118 <i>Baillonella</i> 321 <i>Staudtia</i> 322 <i>Mammea</i> 330 <i>Gosweileroendron</i> 645 <i>Desbordesia</i> 650 <i>Pteleopsis</i>
Espèces rares non classées	102 <i>Khaya anthotheca</i> 103 <i>Khaya ivorensis</i> 204 <i>Lophira</i> 217 <i>Sterculia</i> 302 <i>Antiaris</i> 307 <i>Morus</i> 324 <i>Antrocaryon</i> 327 <i>Pterocarpus mildbraedii</i> 329 <i>Oxystigma</i> 331 <i>Microberlinia</i> 465 <i>Turreanthus</i>

Des classes se distinguent de façon évidente. La deuxième classe est composée presque uniquement d'espèces caractéristiques de la forêt semi-caducifoliée. Au contraire de la cinquième qui rassemble les espèces de la forêt sempervirente du Dja.

Le tableau 6 présente pour chaque groupe d'unités, l'abondance relative de quelques espèces caractéristiques.

Tableau 6 : Bloc Sud - Abondance relative de quelques espèces par groupes d'unités.

		G1 (%)	G2 (%)	G3 (%)	G4 (%)	G5 (%)	Moyenne (%)
104	<i>Pericopsis</i>	3,15	4,98	5,19	0,59	12,32	5,25
105	<i>Mansonia</i>	0,30	0,92	2,59	6,44	6,50	3,35
118	<i>Baillonella</i>	0,11	0,03	0,02	0,01	0,01	0,04
123	<i>Milletia</i>	0,03	0,00	0,00	0,59	0,02	0,13
203	<i>Triplochiton</i>	0,25	1,10	2,91	3,51	4,22	2,40
205	<i>Hallea</i>	2,52	1,23	1,08	3,71	1,43	1,99
305	<i>Piptadeniastrum</i>	0,45	0,68	1,40	0,68	0,35	0,71
306	<i>Celtis</i>	2,43	2,42	4,87	3,86	4,01	3,52
311	<i>Terminalia</i>	12,29	12,33	12,15	17,83	14,43	13,81
314	<i>Pycnanthus</i>	0,45	0,41	0,98	0,55	0,16	0,51
317	<i>Erythroxylum</i>	0,00	0,01	0,06	0,00	0,95	0,20
326	<i>Pterocarpus</i>	3,17	2,47	2,74	5,02	1,31	2,94
645	<i>Desbordesia</i>	19,82	10,22	6,04	0,74	2,67	7,90
	Autres	55,03	63,20	59,97	56,47	51,62	57,25
	Total	100	100	100	100	100	100

Les groupes G4 et G5 à l'Est du bloc comportent une forte proportion d'espèces caractéristiques de la forêt semi-décidue (*Celtis*, *Mansonia*, *Triplochiton*). On notera le caractère peu discriminant de *Terminalia* comparé à *Triplochiton*, espèce souvent considérées comme ayant un comportement semblable, pour caractériser la forêt semi-décidue. Ces deux groupes G4 et G5 se distinguent par la faiblesse de *Pericopsis* dans G4 qui possède par contre un taux élevé de *Pterocarpus* et où *Milletia* est présent, alors qu'il est pratiquement absent dans le reste du bloc. Parallèlement, *Erythroxylum* n'est rencontré que dans G5. C'est la signification du second axe.

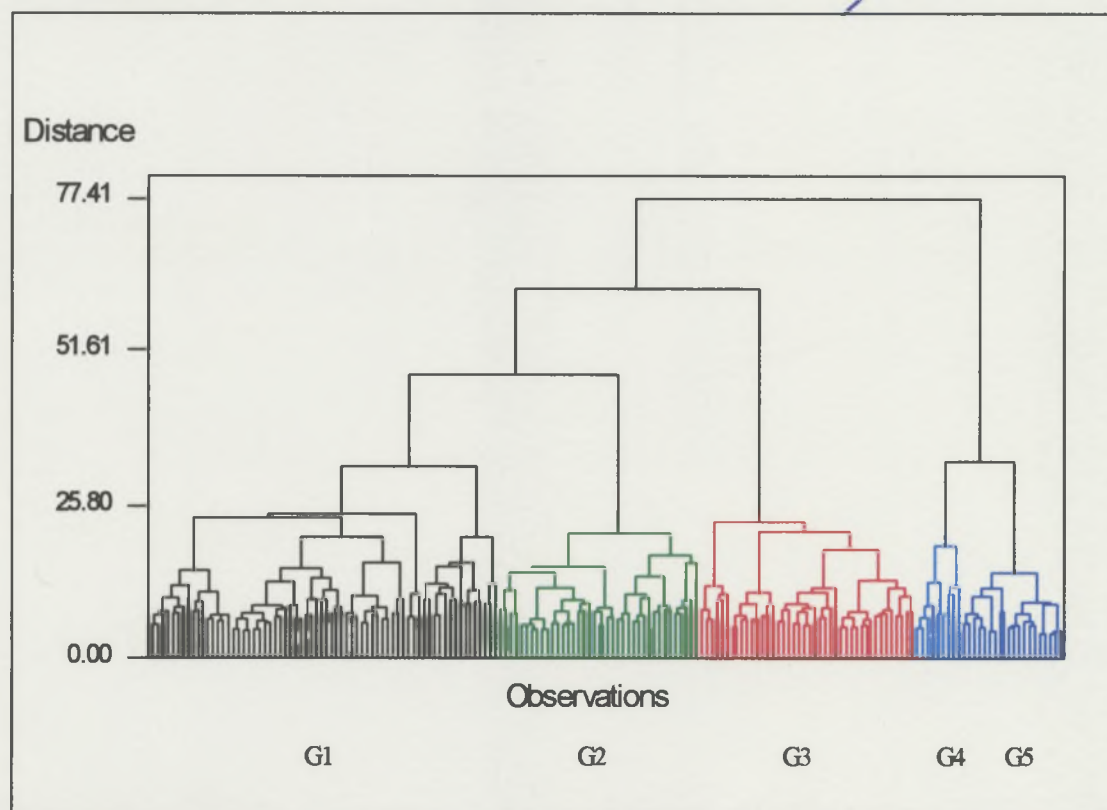
Les groupes G1 et G2 ont une tendance de forêt sempervirente, même si l'on y rencontre encore des espèces de la forêt semi-caducifoliée. On note l'abondance de *Desbordesia* et la présence de *Baillonella*. G1 apparaît plus sempervirent que G2. Dans le premier groupe, le *Desbordesia* représente presque 20% des espèces comptées et *Triplochiton* est pratiquement absent.

Le groupe G3 est assez particulier de part sa localisation et son étalement sur le terrain. Il n'est pas mis en évidence à partir des projections sur les trois premiers axes de l'AFC. Il se caractérise par la présence plus importante de *Celtis*, *Piptadeniastrum* et *Pycnanthus*, trois essences que l'on trouve toujours en bonne place dans les forêts secondaires. Ce groupe qui longe sensiblement l'ancienne piste reliant Mpan à Médoum, actuellement totalement refermée indique, la présence d'une forêt qui a subi des perturbations et qui est en train de se reconstituer.

4.2.2. Bloc Nord

Le dendrogramme obtenu après classification des unités du bloc Nord est représenté en figure 9 :

Figure 9 : Dendrogramme de la classification des unités du bloc ~~Sud~~ Nord

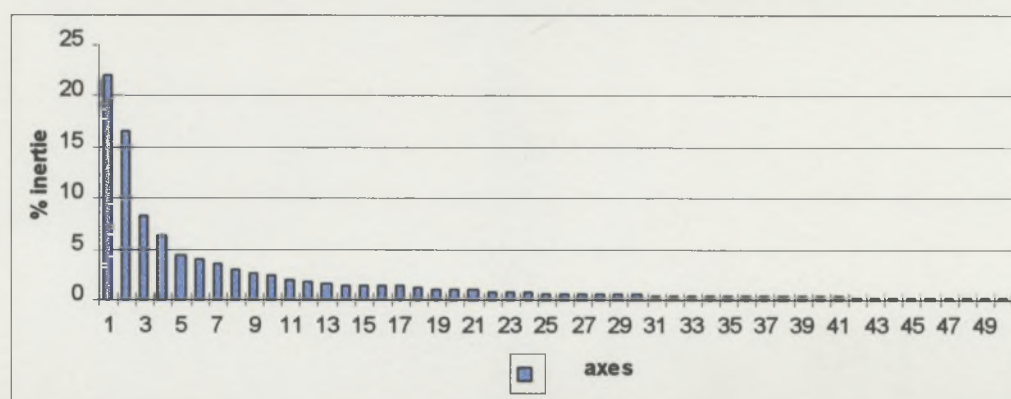


La situation des 5 groupes d'unités sur le terrain est représentée sur la carte 5. Mis à part le groupe G1 assez éclaté, la cohérence des autres groupes est assez bonne.

Une AFC a aussi permis de mieux distinguer les relations entre les groupes d'unités et les principales espèces (Figure 11 et 12).

Ici encore, les pourcentages de l'inertie expliqués par les axes principaux sont assez faibles (Figure 10).

Figure 10 : Bloc Nord - Pourcentages de l'inertie expliqués par les axes principaux



Il faut 4 axes pour expliquer 50% de l'inertie et 12 axes pour en expliquer 75%.
Nous ne retiendrons que 3 axes dans la suite de l'analyse.

Le premier axe (22 % de l'inertie totale) oppose le *Pycnanthus* (314) (contribution relative: 72%) au *Funtumia* (320) (c.r.: 10%). Les deux points sont bien représentés sur cet axe.

Le second axe (16,6 % de l'inertie) oppose *Desbordesia* (645) (c.r.: 17%) à *Sterculia* (217) (c.r.: 15%), *Triplochiton* (203) (c.r.: 10%) et *Mansonia* (105) (c.r.: 9%). Ces points sont représentés correctement sur l'axe.

Le troisième axe (8,3 % de l'inertie) oppose *Hallea* (205) (c.r.: 25%), *Coelocaryon* (309) (c.r.: 14%) et le *Gosweilerodendron* (330) (c.r.: 9%) au *Funtumia* (320) (c.r.: 17%).

On obtient les classes suivantes après classification sur les espèces :

Tableau 7 : Classes d'espèces après classification dans le bloc Nord

CLASSES	ESPECES
CLASSE 1	101 <i>Khaya grandifoliola</i> 112 <i>Diospyros</i> 116 <i>Nesogordonia</i> 118 <i>Baillonella</i> 120 <i>Entandrophragma cylindricum</i> 201 <i>Aningeria altissima</i> 213 <i>Eriobroma</i> 306 <i>Celtis</i> 314 <i>Pycnanthus</i> 315 <i>Rhodognaphalon</i> 321 <i>Staudtia</i> 324 <i>Antrocaryon</i> 563 <i>Amphimas</i> 661 <i>Swartzia</i>
CLASSE 2	105 <i>Mansonia</i> 114 <i>Milicia</i> 202 <i>Aningeria robusta</i> 203 <i>Triplochiton</i> 217 <i>Sterculia</i> 305 <i>Piptadeniastrum</i> 313 <i>Albizia</i> 316 <i>Lannea</i> 320 <i>Funtumia</i> 326 <i>Pterocarpus soyauxii</i> 558 <i>Pterygota</i>
CLASSE 3	106 <i>Guarea cedrata</i> 111 <i>Afzelia bipindensis</i> 115 <i>Entandrophragma candollei</i> 121 <i>Entandrophragma utile</i> 122 <i>Entandrophragma angolensis</i> 206 <i>Fagara</i> 310 <i>Alstonia</i> 311 <i>Terminalia</i> 323 <i>Cylicodiscus</i> 330 <i>Gosweilerodendron</i> 438 <i>Detarium</i> 448 <i>Ongokea</i> 645 <i>Desbordesia</i> 650 <i>Pteleopsis</i>
CLASSE 4	107 <i>Guarea thompsonii</i> 205 <i>Hallea</i> 309 <i>Coelocaryon</i> 312 <i>Ceiba</i> 327 <i>Pterocarpus mildbraedii</i> 329 <i>Oxystigma</i> 465 <i>Turreanthus</i>
CLASSE 5	108 <i>Lovoa</i> 110 <i>Afzelia pachyloba</i> 214 <i>Gambeya</i> 215 <i>Distemonanthus</i> 218 <i>Dacryodes</i> 301 <i>Canarium</i> 304 <i>Nauclea</i> 322 <i>Mammea</i> 328 <i>Erythrophleum</i> 557 <i>Bombax</i> 628 <i>Anopyxis</i>
Espèces rares non classées	102 <i>Khaya anthoteca</i> 103 <i>Khaya ivorensis</i> 104 <i>Pericopsis</i> 123 <i>Milletia</i> 204 <i>Lophira</i> 302 <i>Antiaris</i> 307 <i>Morus</i> 319 <i>Autranella</i> 331 <i>Microberlinia</i>

La signification écologique des classes obtenues est moins évidente à déterminer. On note cependant dans la deuxième classe un regroupement des espèces caractéristiques de la forêt semi-caducifoliée (*Mansonia*, *Milicia*, *Triplochiton*, *Sterculia*, *Piptadeniastrum*). La quatrième classe regroupe *Hallea ciliata*, espèce caractéristique des zones humides avec quelques espèces typiques de la forêt sempervirente (*Coelocaryon*, *Pterocarpus mildbraedii*, *Turreanthus*). Ces espèces, malgré tout assez rares, profitent certainement de conditions hydriques favorables à leur maintien. L'abondance relative de quelques espèces caractéristiques par groupes d'unités permet de mieux visualiser les différences entre groupes.

Carte 5 : Disposition des groupes d'unités dans le bloc Nord

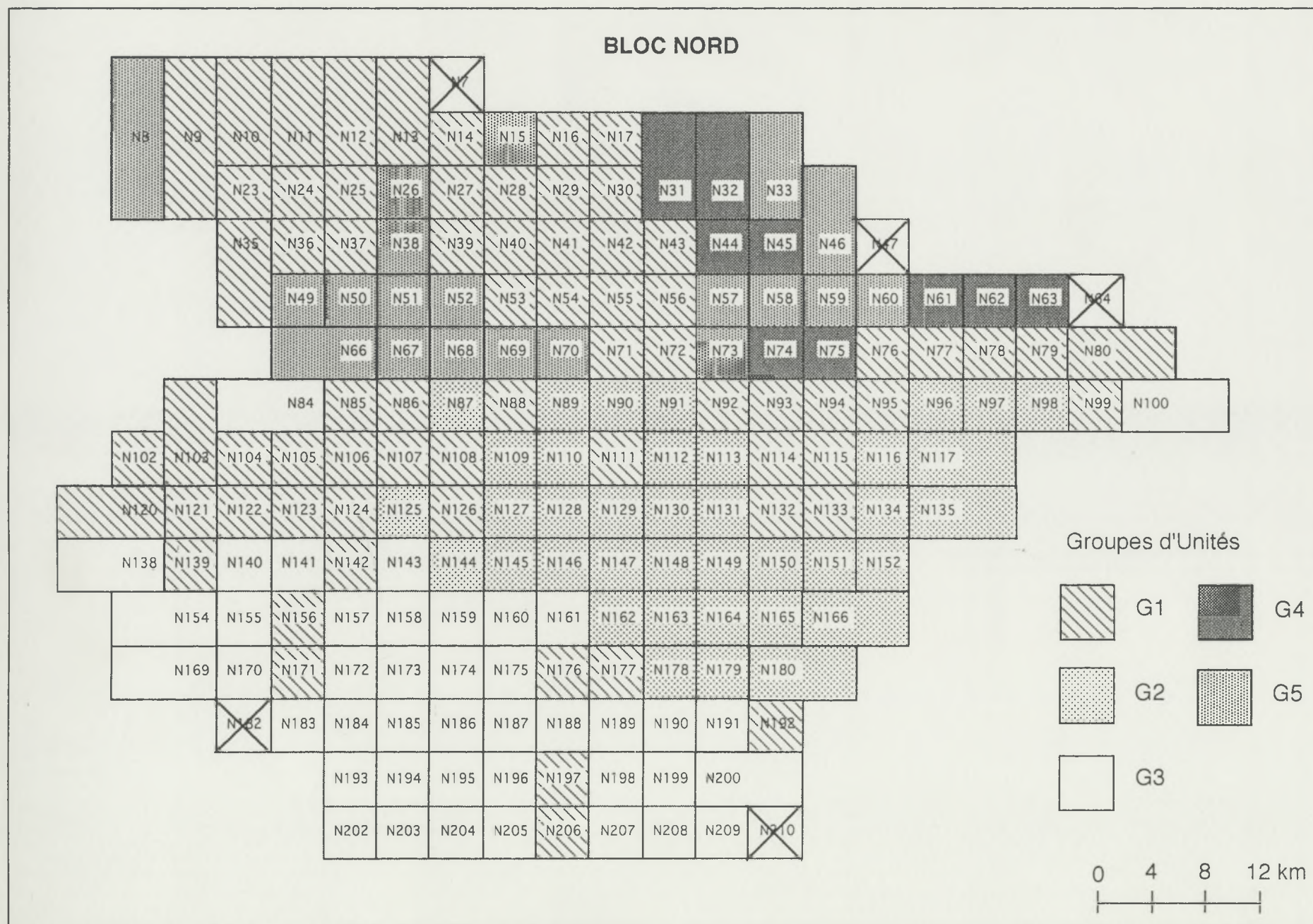


Figure 11 : Projection des unités du bloc Nord sur les deux premiers axes

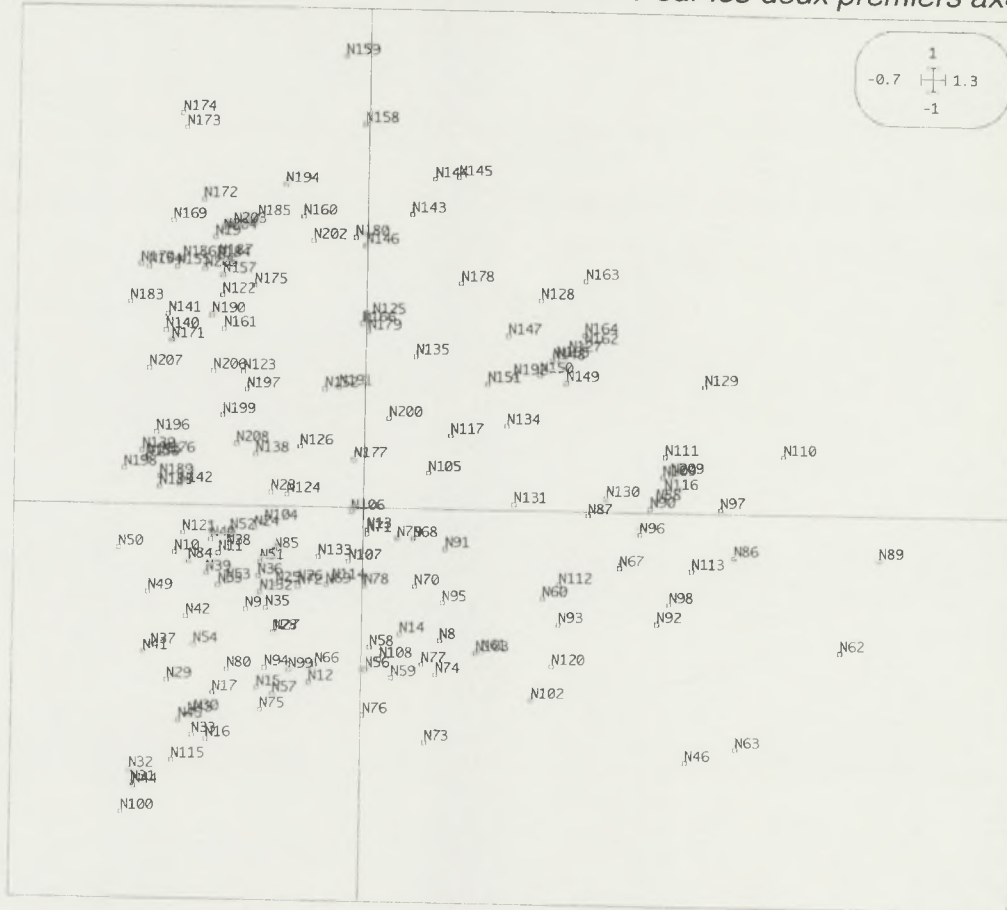


Figure 12 : Projection des espèces du bloc Nord sur les deux premiers axes

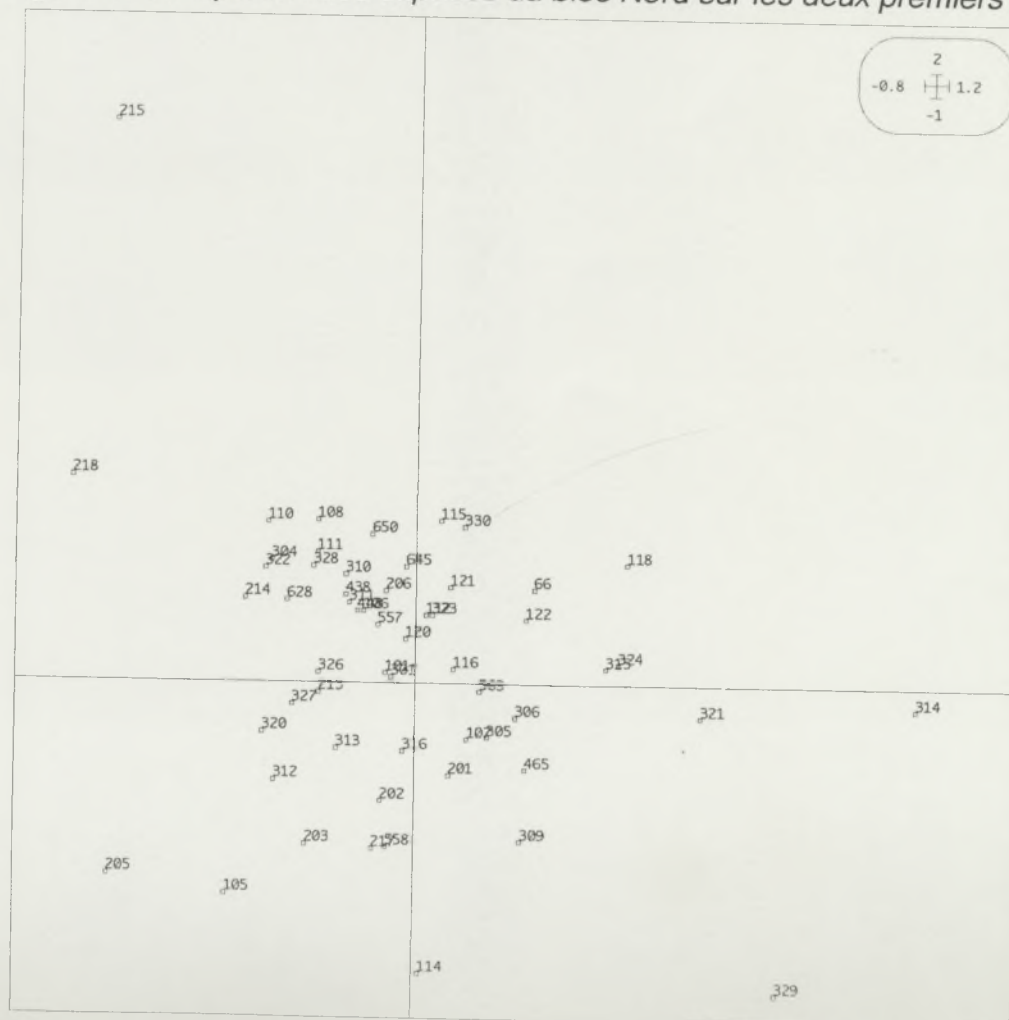


Tableau 8 : Bloc Nord - Abondance relative de quelques espèces par groupes d'unités

Espèce	Code	G1(%)	G2(%)	G3(%)	G4(%)	G5(%)	Moyenne
<i>Mansonia</i>	105	4,16	1,03	0,63	2,59	1,93	2,07
<i>Chlorophora</i>	114	0,16	0,07	0,03	0,84	0,99	0,42
<i>Triplochiton</i>	203	6,3	2,25	2,81	5,69	5,27	4,46
<i>Hallea</i>	205	0,69	0,11	0,31	0,77	1,95	0,77
<i>Sterculia</i>	217	8,86	4,57	2,46	8,74	4,96	5,92
<i>Celtis</i>	306	2,59	3,64	2,05	3,56	3,23	3,01
<i>Coelocaryon</i>	309	2,64	2,1	0,66	2,98	5,54	2,78
<i>Alstonia</i>	310	5,72	6,29	9,11	1,66	4,56	5,47
<i>Terminalia</i>	311	6,54	7,28	9,74	4,41	6,15	6,82
<i>Pycnanthus</i>	314	7,12	18,86	3,26	14,71	9,49	10,69
<i>Funtumia</i>	320	16,11	8,3	18,7	25,64	13,1	16,37
<i>Gosweilerodendron</i>	330	1,76	2,68	1,87	0,1	1,09	1,50
<i>Turreanthus</i>	465	0,98	0,89	0,36	0,2	1,59	0,80
<i>Desbordesia</i>	645	12,35	17,36	17,85	6,33	9,37	12,65
Autres		24,02	24,57	30,16	21,78	30,78	26,27
Total		100	100	100	100	100	100

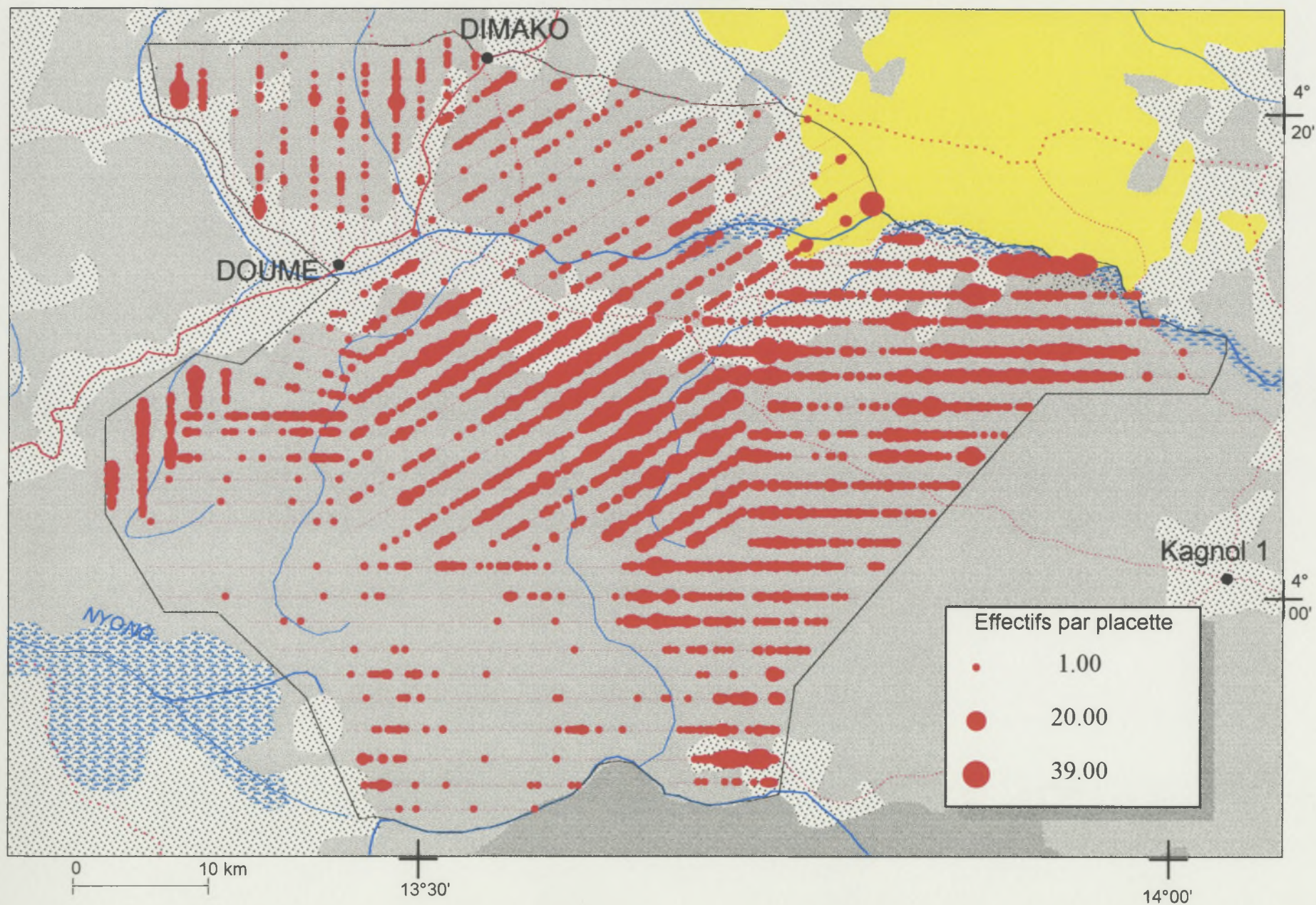
Sur le terrain on distingue un gradient allant du Nord-Est au Sud-Ouest partant à la limite de la savane pour atteindre des zones où l'influence d'espèces caractéristiques de la forêt du Dja se fait sentir. C'est la signification du second axe. Le groupe G3, qui est le plus au Sud et dans une moindre mesure le groupe G2 contiennent le plus de *Desbordesia* et c'est aussi là que sont le moins bien représentées les espèces de la forêt semi-caducifoliée à *Sterculiacées* et *Ulmacées* (*Mansonia*, *Triplochiton*, *Sterculia*, *Celtis*) quoique encore bien présentes. On note une nouvelle fois le caractère peu discriminant de *Terminalia* pour distinguer les deux types de forêt.

Le premier axe, très fortement influencé par *Pycnanthus* exprime la forte densité de cette espèce au Centre-Est du bloc dans le groupe G2. La représentation de son abondance dans les placettes d'inventaire figure en carte 6 et peut être comparée aux regroupements proposés. Le gradient de présence de cette essence est inverse de celui du *Funtumia*. Les deux espèces toujours très présentes en forêt secondaire se trouvent probablement en compétition lorsqu'il s'agit de refermer des ouvertures créées par l'exploitation forestière.

Le *Hallea*, indicateur de zones humides et marécageuses explique la situation des groupes d'unités G4 et G5, marquant le cours de la Doumé. La distinction entre ces deux groupes se fait sur l'abondance dans G4 d'espèces caractéristiques des forêts secondaires (*Pycnanthus*, *Funtumia*). La zone recouverte par ce dernier groupe correspond à la zone de forêt dégradée en bordure de savane représentée sur la carte phytogéographique de Letouzey (1985).

Pycnanthus angolensis
 Carte 6 : DISTRIBUTION DES EFFECTIFS PAR PLACETTE
 BLOC NORD

Projet API DIMAKO



4.3 Conclusion

L'analyse numérique confirme dans les deux blocs les observations de R. Letouzey (1985).

Dans le bloc Nord, la zone de forêt dégradée en bordure de savane est mise en évidence. Même si ce bloc est entièrement situé en forêt semi-caducifoliée, on mesure la tendance plus humide de cette forêt vers le Sud.

Dans le bloc Sud la transition de la forêt semi-caducifoliée vers la forêt à tendance sempervirente est clairement identifiée. Le groupe d'unité G4 au Nord-Est du bloc correspond exactement à la limite de la forêt semi-caducifoliée que donne Letouzey (1985). Nous distinguons aussi la forêt de transition. On notera cependant que la zone de perturbation au Sud-Ouest du bloc Sud (Cf Carte 2) n'a pu être mise en évidence ni par les inventaires ni d'ailleurs par la photo-interprétation de la zone réalisée pour l'inventaire des ressources forestières.

Nous avons la chance de pouvoir valider nos résultats grâce à l'important travail de Letouzey. Dans d'autres régions où les données d'inventaires basés sur le même principe sont disponibles sans qu'aucune étude phytogéographique n'existe une analyse de ce genre peut apporter des premières indications sur la phytogéographie des zones inventoriées. Il serait intéressant dans cette optique de refaire les analyses en prenant en compte de moins en moins d'unités de sondage afin de voir jusqu'à quel seuil on peut descendre tout en gardant la même discrimination des différents types de forêts.

Il faut enfin garder à l'esprit que l'analyse a été réalisée sur la base d'espèces commerciales dont toutes ne sont pas de bonnes caractéristiques pour discriminer les différents types de forêts. La même analyse basée sur un lot d'essences caractéristiques bien choisies et comportant des espèces du sous-bois permettrait certainement d'affiner la stratification proposée.

5. ETUDE DE LA STRUCTURE POUR QUELQUES ESPECES

5.1. Espèces étudiées et distributions diamétriques dans la zone d'observation

L'étude concerne les espèces suivantes : *Celtis zenkeri* Engl., *Pericopsis elata* (Harms) Van Meeuwen, *Pycnanthus angolensis* (Welw.) Warb., *Sterculia rhinopetala* K. Schum., *Terminalia superba* Engl. et Diels et *Triplochiton scleroxylon* K. Schum. La représentation en carte 7 des aires de répartition de ces espèces dans le Sud du Cameroun est extraite de Vivien et Faure (1985) et est le résultat des travaux de prospection de R. Letouzey. On trouvera en Annexe 4, pour chaque espèce, le détail de toutes les distributions d'effectifs par classe de diamètre qui seront analysées dans ce chapitre.

5.1.1. *Celtis zenkeri*

Celtis zenkeri est une *Ulmacée* caducifoliée zoochore. Elle est caractéristique exclusive de la forêt semi-caducifoliée, mais plus particulièrement liée aux faciès de dégradation engendrés par action humaine (Letouzey, 1985). Ces caractéristiques qu'elle partagerait avec *Celtis adolfi-friderici* sont confirmés par Aubreville (1957). Hawthorne (1995) la classe dans le groupe des espèces héliophiles non-pionnières.

Tableau 9 : *Celtis zenkeri* - paramètre *c* estimé de Weibull et densité pour les sous-blocs des blocs Nord et Sud.

Bloc Nord	Weibull	Test	Densité	Bloc Sud	Weibull	Test	Densité
Sous bloc	C estimé	χ^2 *	(tige/ha)	Sous-bloc	C estimé	χ^2 *	(tige/ha)
G1	1.27	S	0,66	G1	2.27	NS	0,44
G2	1.14	S	1,18	G2	3.76	NS	0,78
G3	1.51	S	0,96	G3	2.59	NS	1,12
G4	1.54	S	1,49	G4	2.56	S	1,21
G5	1.46	S	2,25	G5	2.71	NS	0,42
G6	1.35	S	1,70	G6	3.33	S	1,15
G7	1.56	NS	0,73	G7	2.84	NS	0,70
G8	1.79	NS	0,90	G8	3.11	NS	1,65
G9	1.82	S	0,92	G9	3.43	NS	0,59
Tot	1.40	S	1,14	G10	2.63	NS	1,38
				Tot	2.89	S	0,92

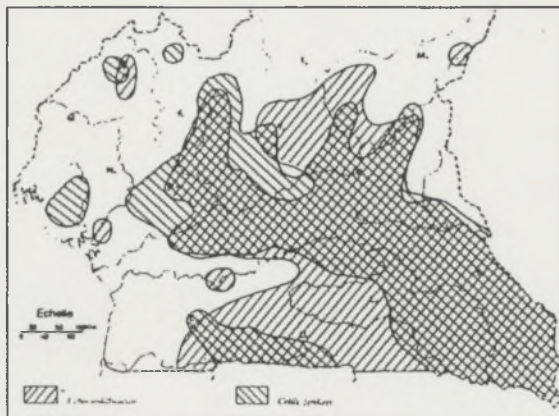
* NS : Test χ^2 non significatif pour $\alpha=0,05$; S : Test χ^2 significatif pour $\alpha=0,05$

Dans le bloc Nord (Cf Carte 8), *Celtis zenkeri* présente une structure diamétrique décroissante à peu près linéairement. Sa densité est de 1,1 tiges/ha. Les plus gros diamètres observés ne dépassent que rarement 110 cm (5 arbres/1000). Ces gros arbres se situent dans la partie Sud du bloc. Les histogrammes des sous-blocs montrent une structure en « J » inversé au Nord du bloc, une structure décroissante linéairement au centre passant progressivement à une structure en cloche tronquée à gauche au Sud.

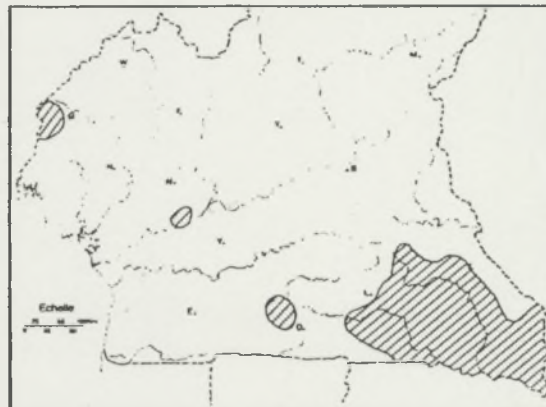
Le paramètre *c* estimé de la fonction de Weibull représente bien ces variations. Il reste inférieur à 2 et passe de valeurs proches de 1 pour les distributions des sous-blocs G1 et G2 au Nord du bloc à 1,8 pour les distributions de G8 et G9 au Sud.

Carte 7 : Aire de répartition des espèces étudiées dans le Sud du Cameroun.

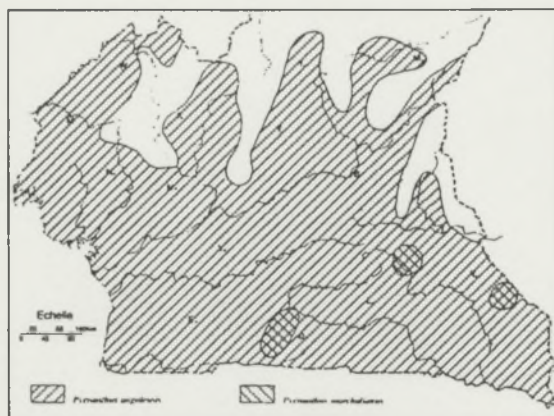
(Extrait de Vivien et Faure, 1985)



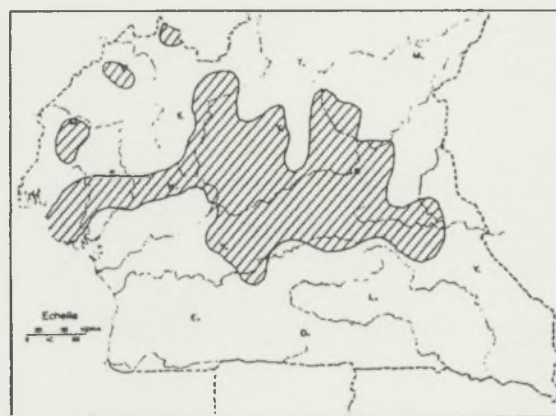
Celtis zenkeri



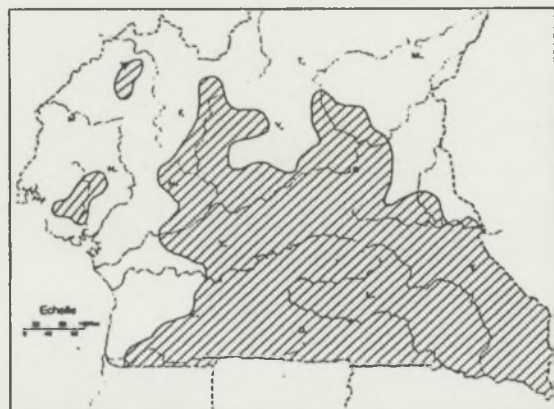
Pericopsis elata



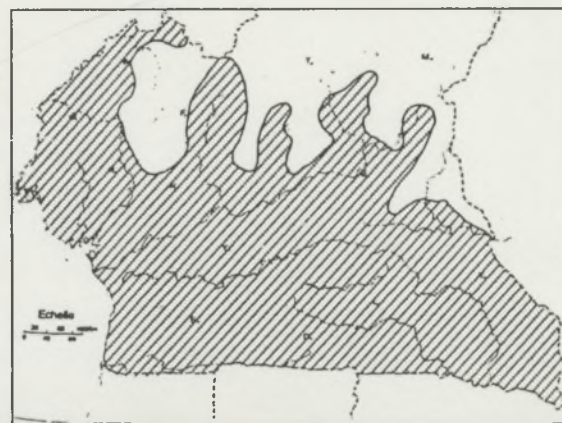
Pycnanthus angolensis



Sterculia rhinopetala

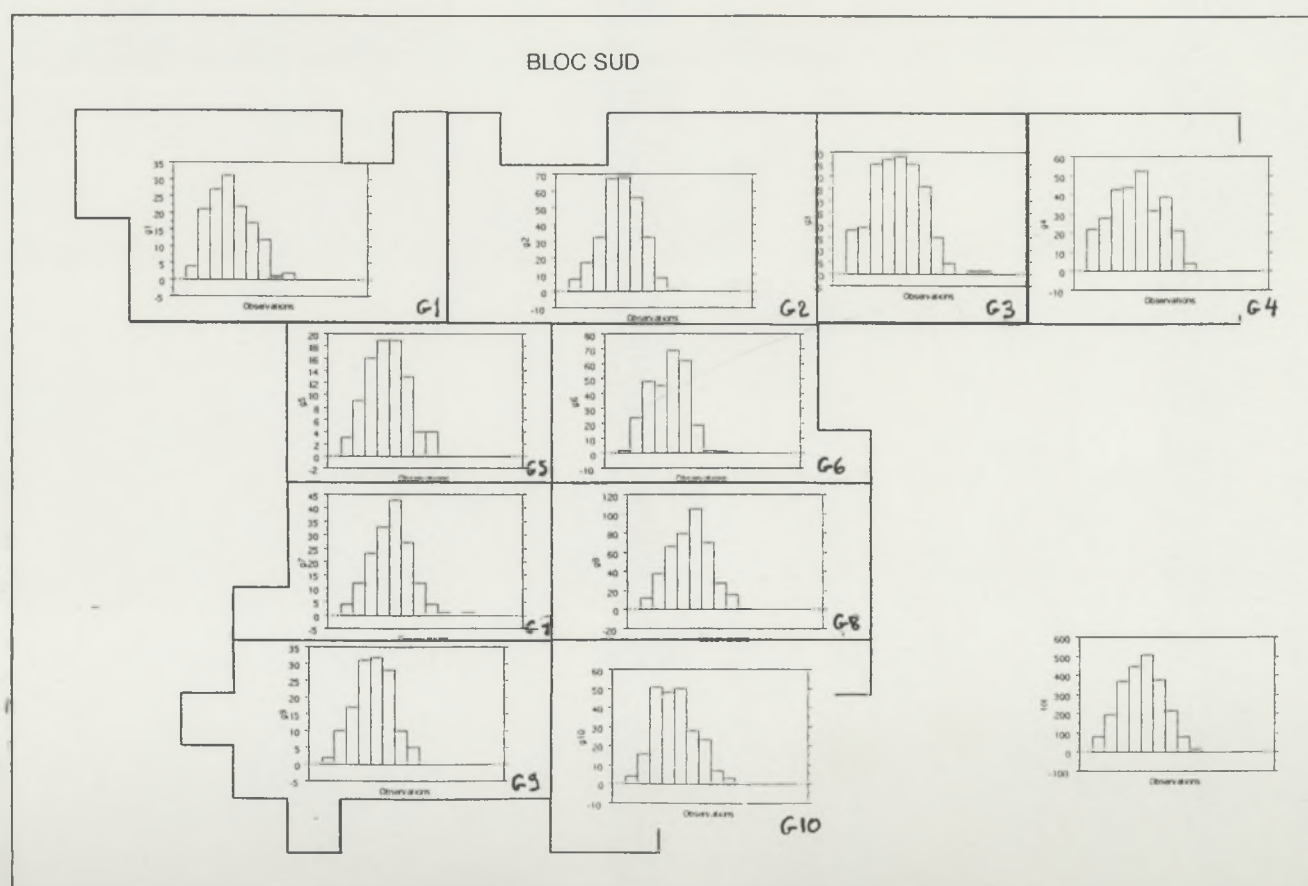
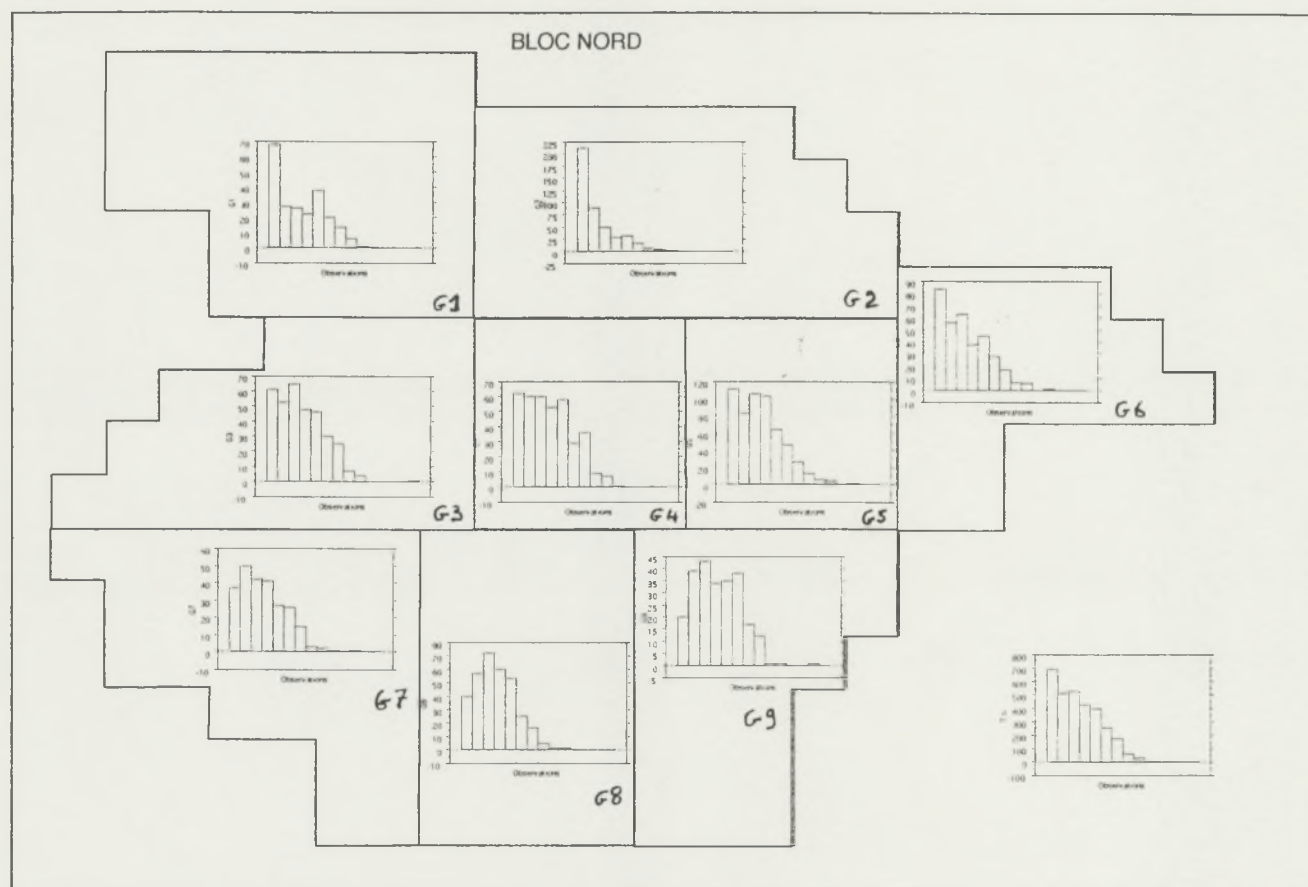


Terminalia superba



Triplochiton scleroxylon

Carte 8 : Structure diamétrique de *Celtis zenkeri* dans les blocs Nord et Sud



Dans le bloc Sud, la structure globale du *Celtis* est en cloche (paramètre $c = 2,9$) avec le mode dans la classe 60-70 cm de diamètre. Sa densité est de 0,9 tige/ha. Les arbres dépassent exceptionnellement 110 cm de diamètre (1,3 arbres/1000). Les sous-blocs présentent des structures diamétriques analogues à la structure globale avec un paramètre c variant de 2,3 à 3,4. On note cependant une meilleure représentation des petites classes dans les sous-blocs G3 et G4 situés au Nord-Est.

5.1.2. *Sterculia rhinopetala*

De la famille des *Sterculiacées*, le "lotofa" est une espèce décidue zoochore caractéristique exclusive de la forêt semi-caducifoliée. Elle présente au Cameroun une limite d'extension Sud assez haute correspondant à des zones où la saison sèche est bien marquée. Cette caractéristique notée aussi par Hawthorne (1995) au Ghana laisse à penser que l'espèce est très sensible à l'humidité et reste de ce fait strictement cantonnée en forêt semi-décidue. Hawthorne la classe dans le groupe des héliophiles non pionnières.

Tableau 10 : *Sterculia rhinopetala* - paramètre c estimé de Weibull et densité pour les sous-blocs du bloc Nord.

Bloc Nord	Weibull	Test	Densité		Weibull	Test	Densité
Sous bloc	C estimé	χ^2*	(tige/ha)	Sous-bloc	C estimé	χ^2*	(tige/ha)
G1	1.23	S	3.3	G12	1.29	S	4.44
G2	1.15	S	4.04	G13	1.24	S	3.92
G3	1.21	S	3.88	G14	1.14	S	1.75
G4	1.14	S	1.45	G15	1.21	S	0.5
G5	1.23	S	2.34	G16	1.27	S	1.02
G6	1.13	S	3.22	G17	1.33	S	1.39
G7	1.13	S	3.29	G18	1.18	S	0.28
G8	1.19	S	6.76	G19	1.27	S	1.07
G9	1.11	S	3.12	G20	1.38	S	0.53
G10	1.04	S	2.82	Tot	1.16	S	2.49
G11	1.26	S	1.48				

* NS : Test χ^2 non significatif pour $\alpha=0,05$; S : Test χ^2 significatif pour $\alpha=0,05$

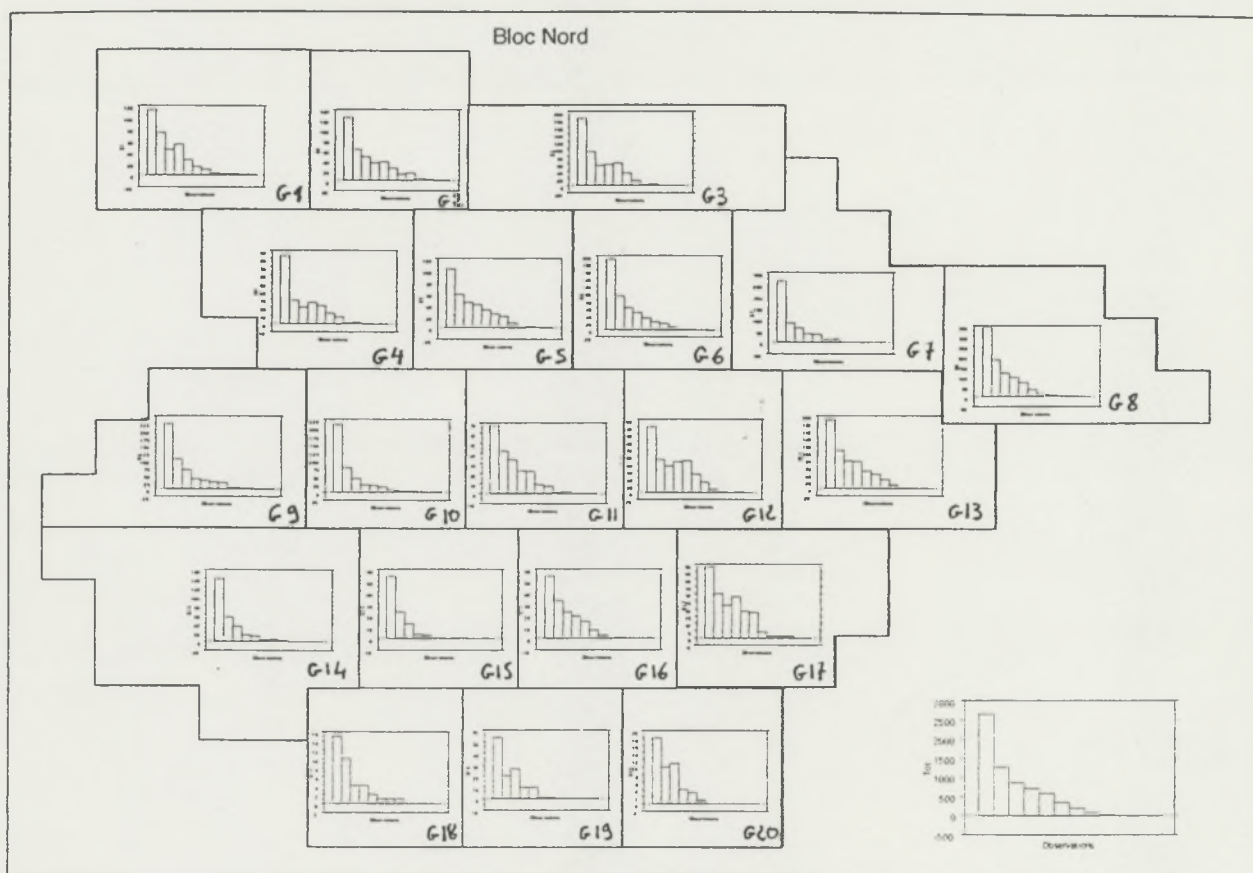
Dans le bloc Nord (Carte 9), la structure globale est en «J» inversé et est peu variable sur l'ensemble du bloc. Le paramètre c varie entre 1,0 et 1,4 pour les différents sous-blocs. La densité est de 2,5 tiges/ha. L'espèce dépasse exceptionnellement les 120 cm de diamètre (0,7 arbre/1000) et les plus gros arbres sont rencontrés dans la moitié Nord du bloc où l'on observe régulièrement des tiges dépassant les 100 cm. Dans les sous-blocs G19 et G20, au Sud de la zone, un seul arbre dépasse 80 cm de diamètre.

L'espèce est absente du bloc Sud où un seul individu a été rencontré.

5.1.3. *Pericopsis elata*

Espèce de la famille des *Papilionacées*, l'"Assamela" ou "Afromosia" a au Cameroun une aire de répartition restreinte aux forêts du Sud-Est. On la trouve dans les bassins du Dja, de la Boumba, de la Ngoko et de la Sangha. Aubreville (1938), cité par Hawthorne (1995), note pour cette essence en Côte d'Ivoire l'absence presque totale de régénération. C'est une espèce décidue à dispersion anémochore. Elle fait partie selon Hawthorne (1995) des héliophiles non-pionnières.

Carte 9 : Structure diamétrique de *Sterculia rhinopetala* dans le bloc Nord



Carte 10 : Structure diamétrique de *Pericopsis elata* dans le bloc Sud

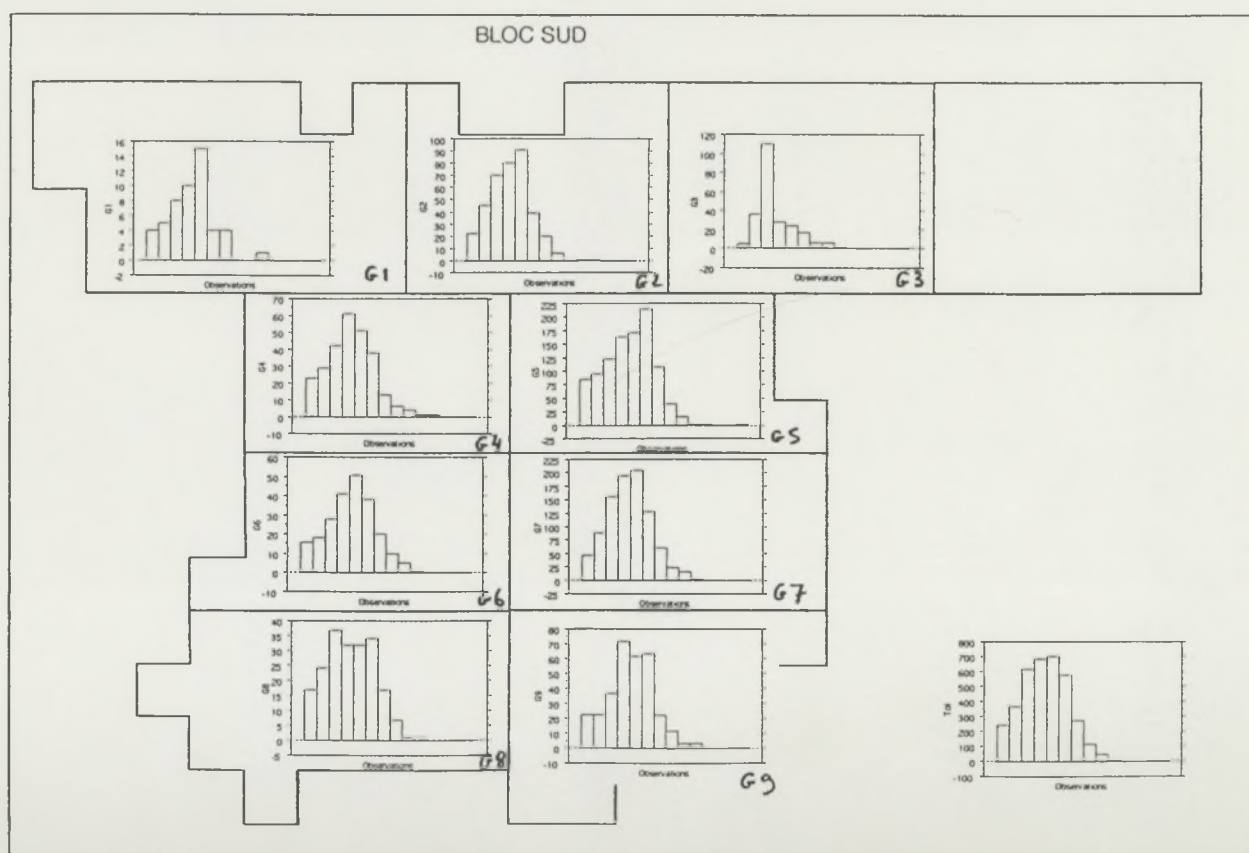


Tableau 11 : *Pericopsis elata* - paramètre *c* estimé de Weibull et densité pour les sous-blocs du bloc Sud.

Bloc Sud	Weibull	Test χ^2	Densité		Weibull	Test χ^2	Densité
Sous bloc	C estimé *		(tige/ha)	Sous-bloc	C estimé *		(tige/ha)
G1	2.42	S	0.17	G6	2.88	NS	1
G2	2.48	S	1.49	G7	2.58	S	3.68
G3	2.19	S	0.76	G8	2.26	NS	0.88
G4	2.23	S	1.3	G9	2.96	S	1.89
G5	2.83	S	4.31	Tot	2.47	S	1.65

* NS : Test χ^2 non significatif pour $\alpha=0,05$; S : Test χ^2 significatif pour $\alpha=0,05$

L'espèce est absente du bloc Nord.

Dans le bloc Sud (Cartes 10 et 11), elle est absente de l'extrême Nord-Est et présente globalement dans le reste du bloc une structure en cloche tronquée à gauche dont le mode se situe dans la classe 60-70 cm. Cette structure n'est pas très variable sur toute la surface inventoriée. Le paramètre *c* reste supérieur à 2 et varie de 2,2 à 3 selon les sous-blocs. Les diamètres observés ne dépassent que rarement la classe 100-110 (4 arbres/1000). Le plus gros arbre se trouve à l'Est, dans le sous-bloc G5 où il atteint la classe maximum soit plus de 150 cm. C'est aussi l'endroit où la densité est la plus forte avec 4,3 tiges/ha alors que la moyenne générale sur le bloc est de 1,65 tiges/ha.

On note un comportement particulier dans le sous bloc G3, en limite de l'aire de dispersion ou la troisième classe de diamètre présente un pic important. L'analyse plus fine de cette zone en reprenant individuellement les effectifs par classe des unités du sous-bloc (Tableau 12) permet de mieux comprendre le phénomène.

Tableau 12 : Effectifs de *Pericopsis elata* dans les unités du sous-bloc G3.

Classe Diam	Unités												
	S14	S33	S35	S36	S53	S54	S55	S56	S74	S75	S76	S77	S78
1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	1	0	0
2	0	0	0	0	1	5	2	2	1	21	3	1	0
3	1	3	1	1	1	5	0	0	8	38	34	15	3
4	0	0	0	0	0	1	0	0	9	16	1	0	0
5	0	0	0	0	2	0	0	0	6	15	0	0	0
6	0	0	0	0	2	0	0	0	8	7	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	1	5	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

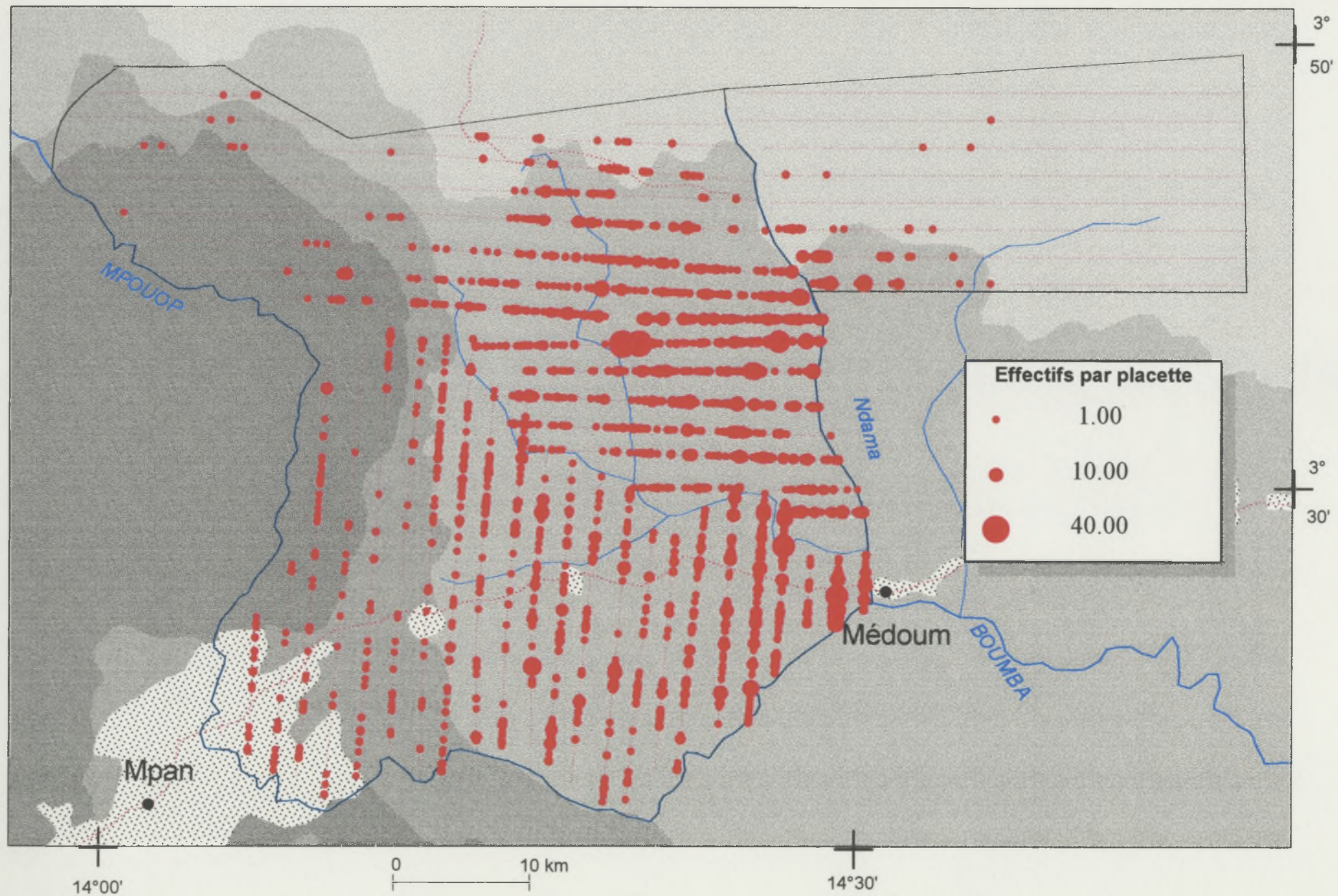
N.B. : S10, S11, S12, S13 et S34 sont vides

L'essentiel du pic de la troisième classe de diamètre est expliqué par les unités les plus au Sud (S53 à S78) et particulièrement les unités S75 et S76. Néanmoins, la structure obtenue à partir des huit unités les plus au Nord (S10 à S36) aurait fait apparaître le même pic puisque cette classe de diamètre est la seule contenant des individus.

Pericopsis elata

Carte 11 : DISTRIBUTION DES EFFECTIFS PAR PLACETTE
BLOC SUD

Projet API DIMAKO



5.1.3. *Pycnanthus angolensis*

De la famille des *Myristicacées*, *Pycnanthus angolensis* connu sous le nom d'"Ilomba" est une espèce rencontrée dans l'ensemble des forêts du Cameroun mais surtout dans les forêts secondaires et parfois de façon très abondante dans toute la zone atlantique. Elle remonte dans les galeries forestières jusqu'aux abords des plateaux de l'Ouest et de l'Adamaoua (Vivien et Faure, 1985). Espèce sempervirente zoochore, elle est classée par Hawthorne (1995) dans le groupe des héliophiles non pionnière.

Tableau 13: *Pycnanthus angolensis* - paramètre c estimé de Weibull et densité pour les sous-blocs des blocs Nord et Sud

Bloc Nord	Weibull	Test	Densité		Weibull	Test	Densité	Bloc Sud	Weibull	Test	Densité
Sous bloc	C estimé	χ^2*	(tige/ha)	Sous bloc	C estimé	χ^2*	(tige/ha)	Sous-bloc	C estimé	χ^2*	(tige/ha)
G1	1.20	S	1.44	G12	1.37	S	9.09	G1	2.31	S	0,11
G2	1.18	S	1.76	G13	1.56	S	5.65	G2	0.97	S	0,16
G3	1.06	S	0.73	G14	1.19	NS	0.35	G3	0.93	S	0,12
G4	1.26	S	1.49	G15	1.87	S	1.33	G4	1.02	S	0,11
G5	1.08	S	1.05	G16	2.03	S	4.45	Tot	1.05	S	0,12
G6	1.15	S	2.01	G17	1.63	S	3.79				
G7	1.19	S	4.72	G18	2.97	S	0.62				
G8	1.42	S	8.73	G19	3.67	S	0.22				
G9	1.37	S	3.56	G20	2.28	S	4.41				
G10	1.17	S	4.9	Tot	1.35	S	3.72				
G11	1.42	S	13.56								

* NS : Test χ^2 non significatif pour $\alpha=0,05$; S : Test χ^2 significatif pour $\alpha=0,05$

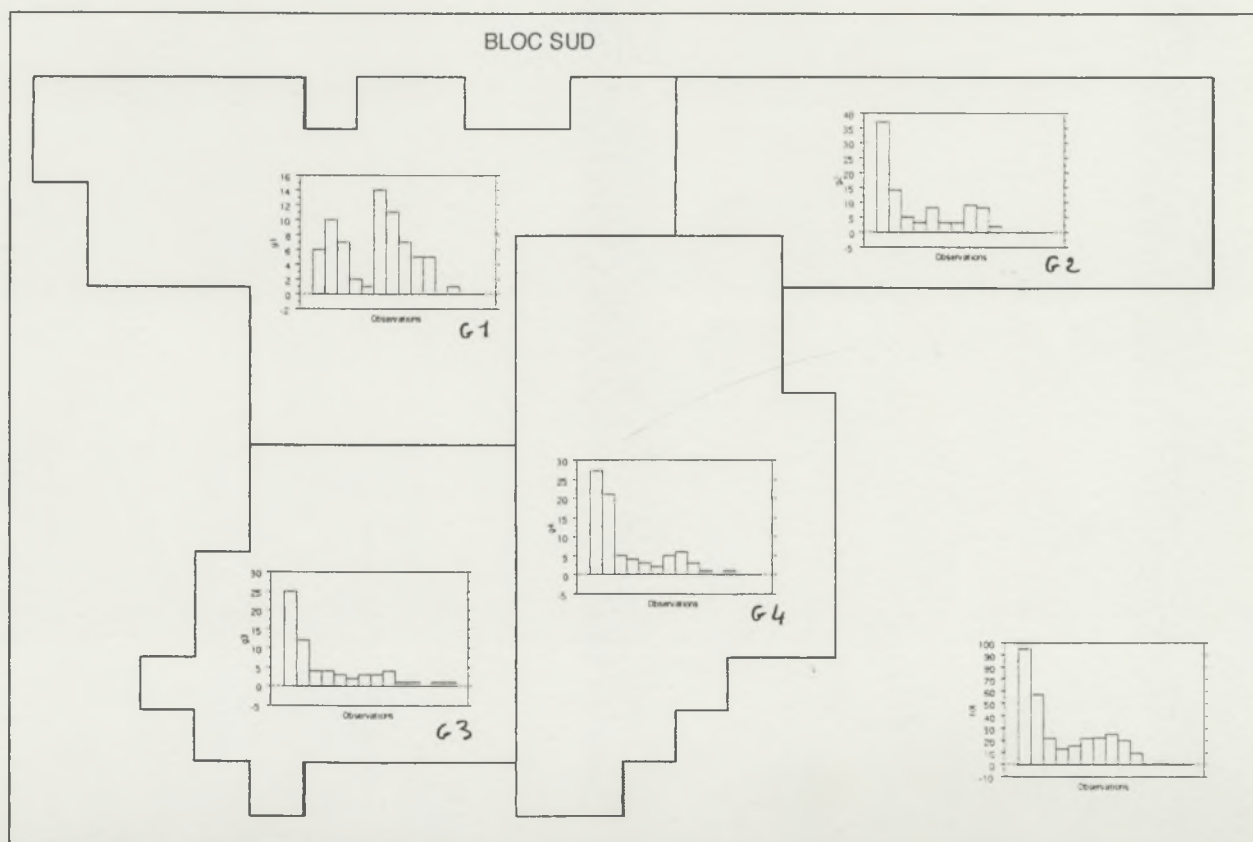
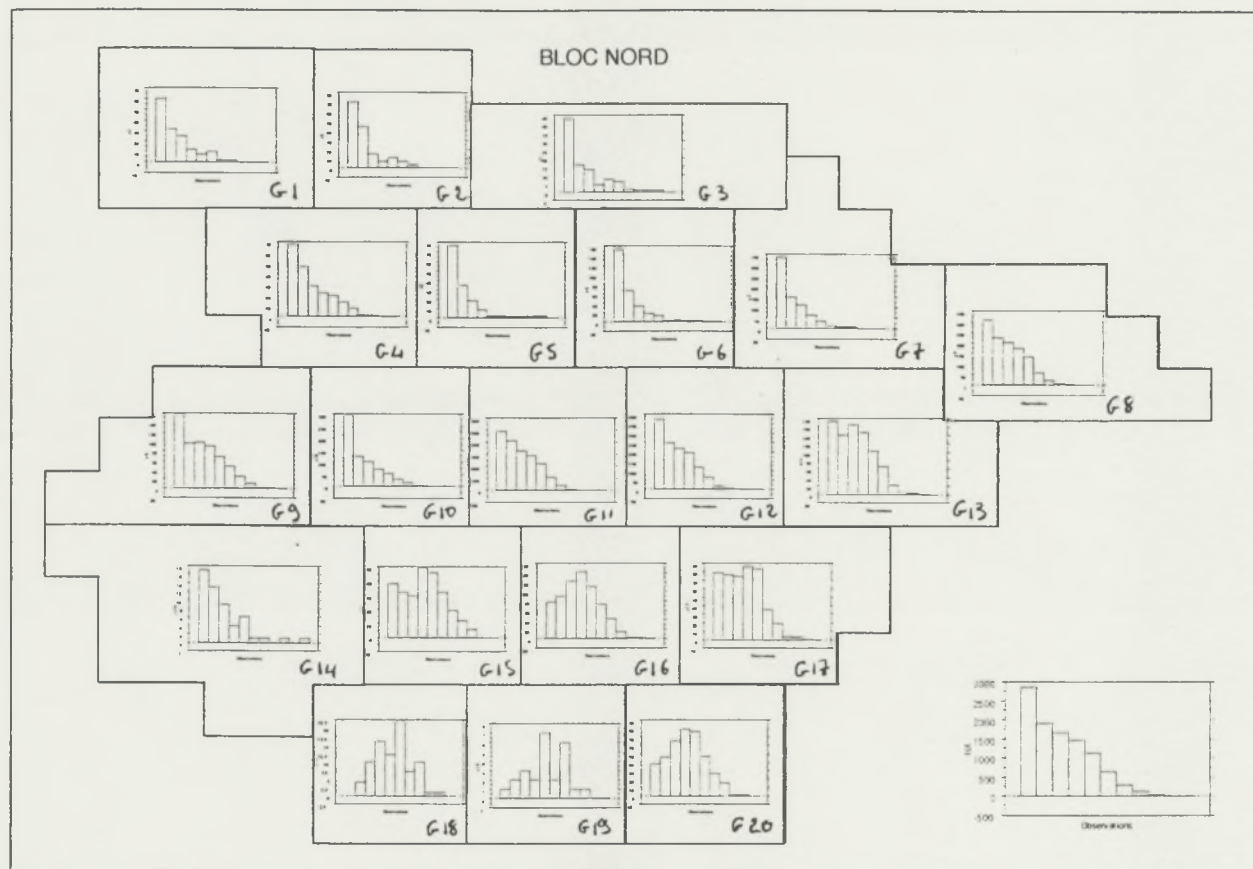
Pycnanthus a une forte densité dans le bloc Nord avec 3,7 tiges de diamètre supérieur ou égal à 20 cm à l'hectare. La structure globale de la population présente une décroissance à peu près linéaire (paramètre $c = 1,35$). Le plus gros arbre observé ne dépasse pas 130 cm de diamètre et se situe dans le sous-bloc G14 au Sud-Ouest de la zone. C'est aussi dans ce sous-bloc que l'on observe une des densités les plus faible (0,35 pied/ha). Comme pour *Celtis*, l'examen des structures dans les sous-blocs montre un passage progressif d'une structure en « J » inversée dans le Nord à une structure linéaire décroissante au centre puis à une structure en cloche ou cloche tronquée à gauche dans le Sud.. Le paramètre c passe de 1,06 dans le sous-bloc G3 au Nord à 3,7 pour G19 au Sud.

La carte 6 permet de visualiser les variations de la densité de *Pycnanthus* dans ce bloc

Dans le bloc Sud, le *Pycnanthus* est peu présent. Sa densité est de 0,1 tige/ha. Il présente une structure globale en L avec des effectifs relativement importants dans les deux premières classes puis une chute brutale en nombre de tiges dans les classes suivantes qui forment une cloche. Les deux plus gros arbres se situent dans la partie Sud-Ouest du bloc.

Les sous-blocs G2, G3 et G4 ont la même structure que la structure globale avec le paramètre c proche de 1. Le sous-bloc G1 présente une structure bimodale que nous avons examinée plus finement. Il est impossible de distinguer une limite permettant de séparer sur le terrain des unités comportant des tiges de petits diamètres d'autres contenant les tiges à l'origine du second mode dans les classes 70-90 cm de diamètre. Des unités comportant à la fois des tiges des classes 30-40 cm et 70-90 cm sont réparties sur toute la surface de ce groupe.

Carte 12 : Structure diamétrique de *Pycnanthus angolensis* dans les bloc Nord et Sud



5.1.5. *Terminalia superba*

Appartenant à la famille des *Combretacées*, le "fraké" ou "limba" est une espèce décidue anémochore que l'on retrouve dans toutes les forêts du Sud-Cameroun mais surtout abondante et parfois très abondante en forêt semi-caducifoliée. Elle envahit les zones défrichées et son tempérament d'espèce pionnière (Hawthorne, 1995) est connu depuis bien longtemps (Aubreville, 1957; Letouzey, 1968)

Tableau 14 : *Terminalia superba* - paramètre *c* estimé de Weibull et densité pour les sous-blocs des blocs Nord et Sud.

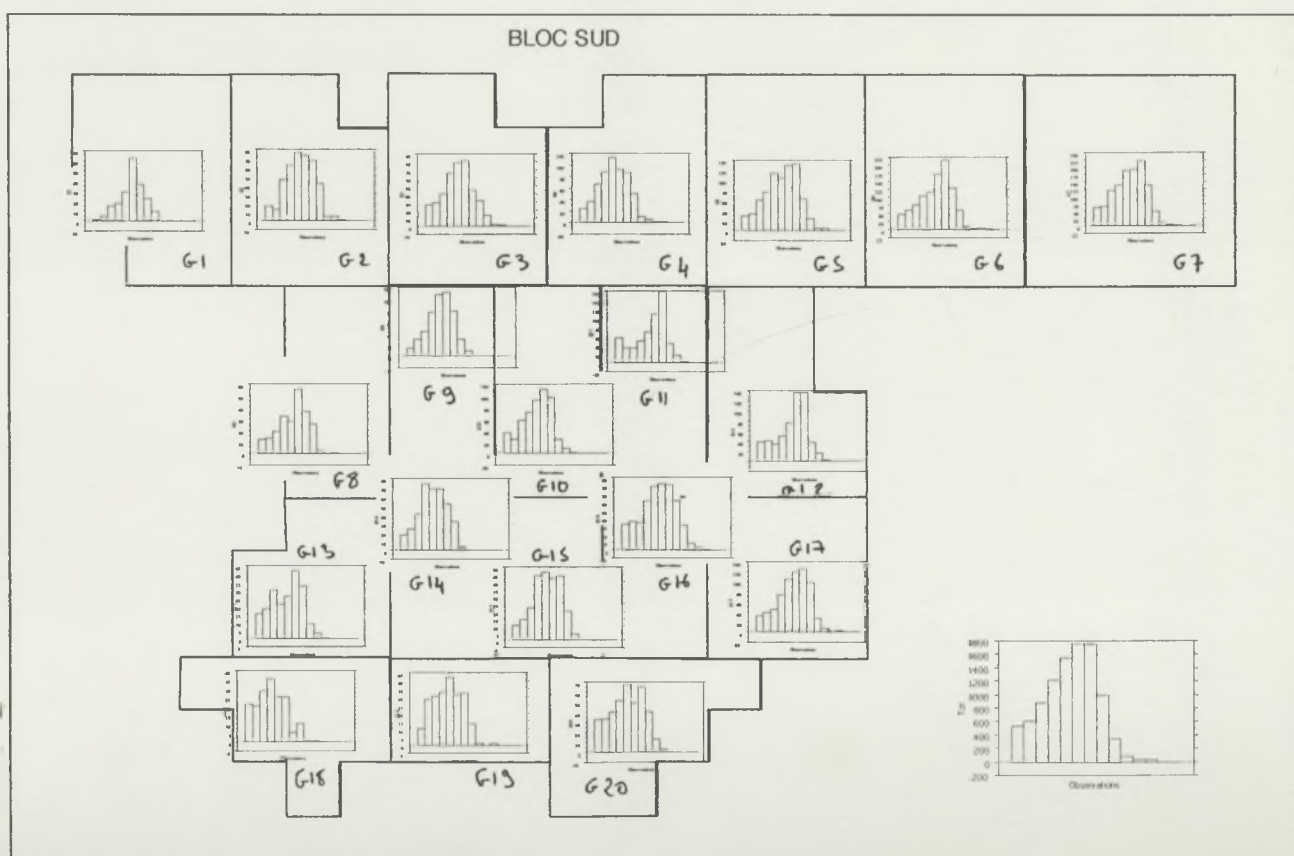
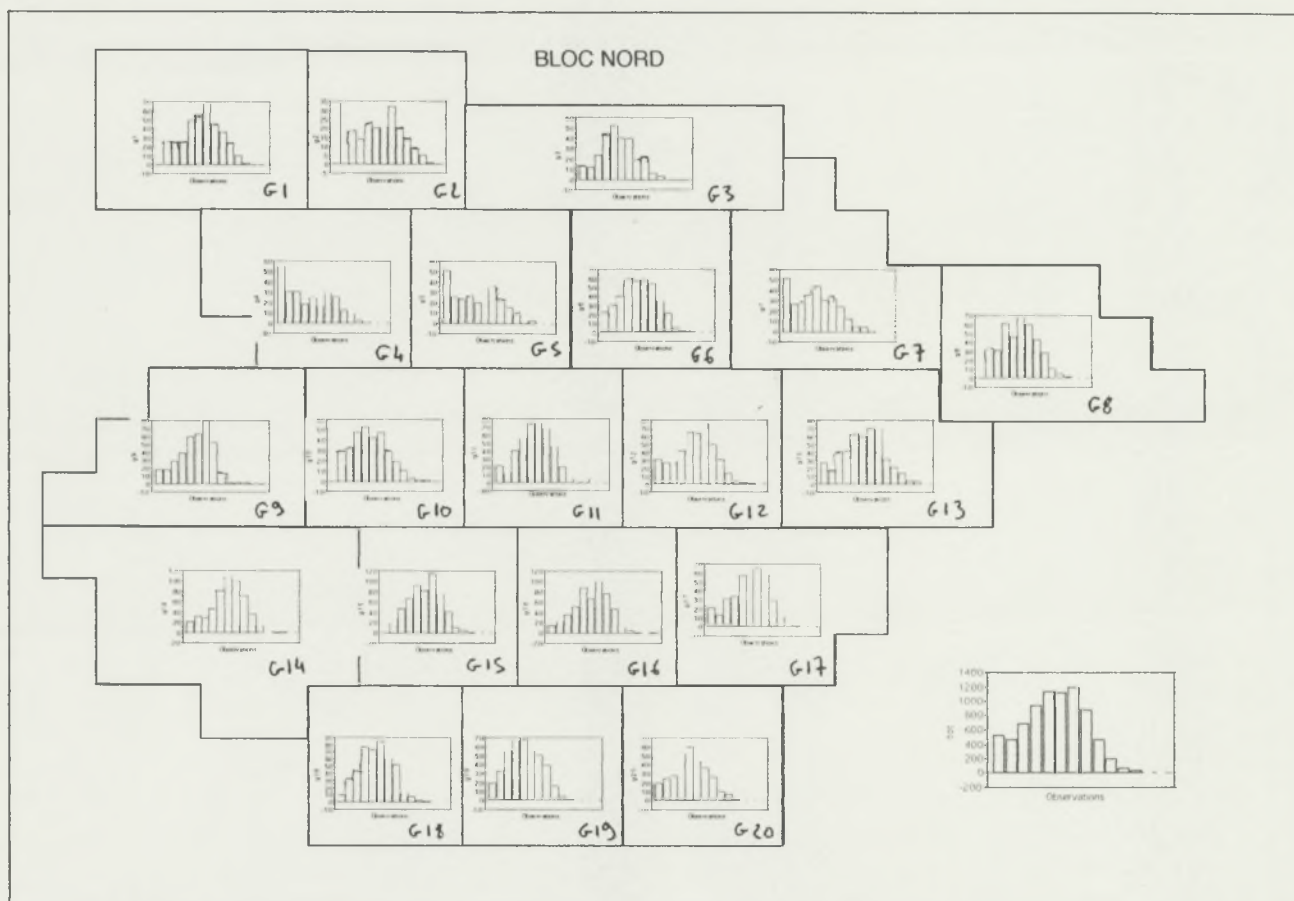
Bloc Nord	Weibull	Test χ^2	Densité	Bloc Sud	Weibull	Test χ^2	Densité
Sous bloc	C estimé	*	(tige/ha)	Sous-bloc	C estimé	*	(tige/ha)
G1	3.25	S	3.73	G1	4.66	S	1.63
G2	2.19	S	2.52	G2	3.60	S	2.81
G3	2.91	NS	2.12	G3	3.20	S	2.94
G4	1.27	S	1.78	G4	3.00	S	3.68
G5	1.37	S	1.8	G5	3.74	S	4.33
G6	2.74	NS	2.63	G6	3.70	S	5.38
G7	1.50	S	1.97	G7	3.67	S	5.04
G8	2.81	S	3.19	G8	3.93	S	2.62
G9	3.81	S	2.24	G9	4.24	NS	3.92
G10	2.59	S	2.28	G10	3.92	S	3.97
G11	3.05	S	3.01	G11	3.72	S	5.13
G12	3.28	S	3.16	G12	3.94	S	4.18
G13	3.10	S	3.18	G13	3.18	S	1.95
G14	3.59	S	3.74	G14	3.65	S	3.9
G15	3.69	S	2.88	G15	4.07	S	2.56
G16	3.73	S	3.39	G16	3.41	S	5.17
G17	3.70	S	3.16	G17	3.86	S	6.58
G18	2.73	NS	3.46	G18	1.91	S	2.36
G19	2.59	NS	3.58	G19	2.58	S	3.2
G20	2.69	NS	3.41	G20	3.16	S	4.14
Tot	2.97	S	2.83	Tot	3.66	S	3.91

* NS : Test χ^2 non significatif pour $\alpha=0,05$; S : Test χ^2 significatif pour $\alpha=0,05$

Terminalia présente dans le bloc Nord une structure en cloche (paramètre $c = 2,97$) avec un mode dans les classes 60-90 cm de diamètre. Sa densité est de 2,8 tiges/ha. L'espèce ne dépasse que très rarement 150 cm de diamètre (1 arbre/1000). La structure générale se retrouve dans tous les sous-blocs du Sud de la zone (paramètre $c > 2,5$ pour les sous-blocs G8 à G20), avec une faiblesse assez marquée en petites tiges au Sud- Ouest. Au Nord du bloc, les sous-blocs G4, G5 et G7 présentent une structure assez différente, caractérisée par un paramètre $c \leq 1,5$, où la première classe de diamètre est la mieux représentée suivie d'une seconde classe d'effectifs deux fois moindres; les classes suivantes étant soit relativement constantes jusqu'à la classe 90-100 cm, soit avec une structure en cloche.

La densité de *Terminalia* dans le bloc Sud est aussi très importante (3,9 tiges/ha). La structure globale est une cloche (paramètre $c = 3,7$) de mode en classes 70-90 cm. Les arbres dépassent aussi rarement 130 cm de diamètre (2 arbres/1000). Les plus gros arbres se rencontrent dans la partie Est du bloc alors qu'à l'Ouest, rares sont les arbres supérieurs à 90

Figure 13 : Structure diamétrique de Terminalia superba dans les blocs Nord et Sud



5.1.6. *Triplochiton scleroxylon*

L'"Ayou" appartient à la famille des *Sterculiacées*. C'est une espèce caducifoliée anémochore caractéristique de la forêt semi-décidue qui peut se rencontrer exceptionnellement en bouquet dans la forêt toujours verte (Vivien et Faure, 1985). Letouzey (1968) note son caractère colonisateur qui en fait cependant un mauvais indicateur de ce type de forêt. C'est une espèce pionnière (Letouzey, 1968; Hawthorne, 1995).

Tableau 15: *Triplochiton scleroxylon* - paramètre *c* estimé de Weibull et densité pour les sous-blocs des blocs Nord et Sud

Bloc Nord	Weibull	Test	Densité		Weibull	Test	Densité	Bloc Sud	Weibull	Test	Densité
Sous bloc	C estimé	χ^2 *	(tige/ha)	Sous bloc	C estimé	χ^2 *	(tige/ha)	Sous-bloc	C estimé	χ^2 *	(tige/ha)
G1	1.76	S	2.09	G6	1.88	S	2.62	G1	2.95	S	0.14
G2	1.63	S	2.43	G7	2.03	S	0.77	G2	3.54	S	0.62
G3	1.88	S	2.36	G8	1.57	S	1.1	G3	3.09	NS	0.74
G4	1.96	S	1.5	G9	1.67	S	0.5	G4	2.69	S	1.56
G5	1.45	S	3.22	Tot	1.68	S	1.81	G5	1.94	S	1.41
								G6	3.08	S	1.31
								Tot	2.86	S	0.64

* NS : Test χ^2 non significatif pour $\alpha=0,05$; S : Test χ^2 significatif pour $\alpha=0,05$

Dans le bloc Nord (Carte 14), l'espèce présente globalement une structure pratiquement horizontale jusqu'à la classe 90-100 cm suivie d'une décroissance rapide. La densité de l'espèce est de 1,8 tiges/ha. Pour chaque sous-bloc, il y a des arbres dans la dernière classe de diamètre (8 arbres/1000). La structure des sous-blocs ne présente pas une variabilité importante (paramètre *c* compris entre 1,5 et 2). On observe cependant dans le sous-bloc G9 une rupture nette dans l'importance des effectifs après la classe 90-100 cm. Ce sous-bloc est aussi celui pour lequel la densité de *Triplochiton* est la plus faible (0,5 tige/ha).

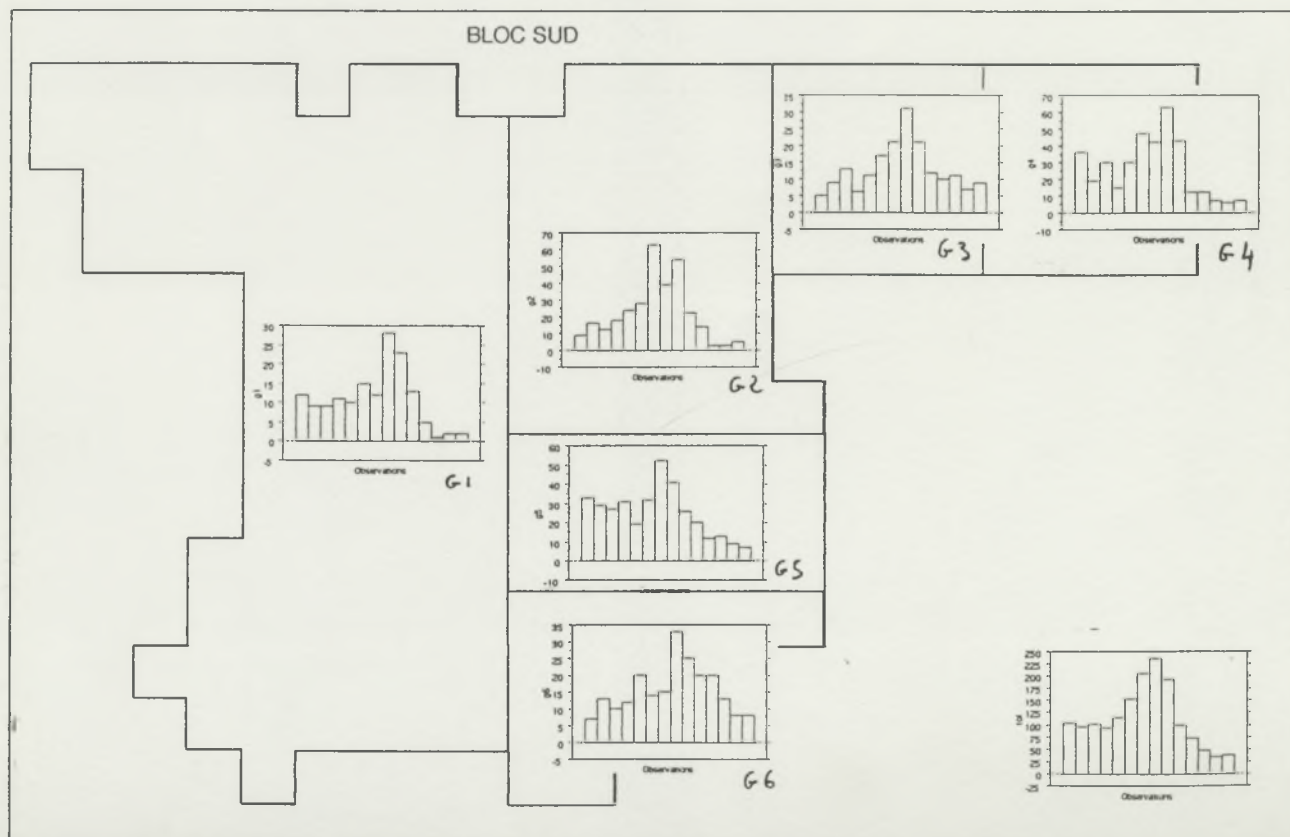
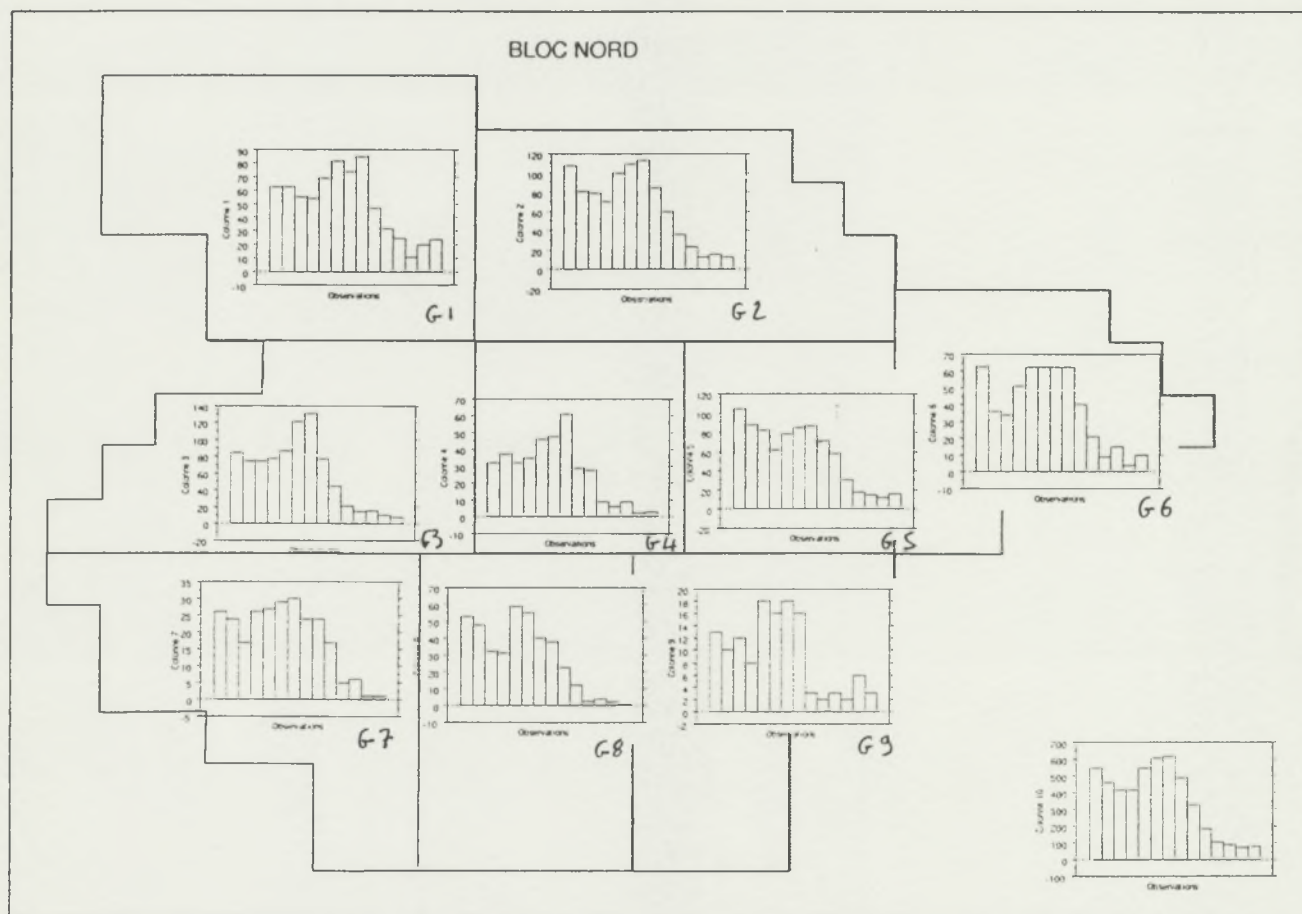
L'espèce est très rare dans la moitié Ouest du bloc Sud où sa densité est de 0,14 tige/ha. Sur l'ensemble du bloc la densité est trois fois moins importante que dans le bloc Nord. La structure est en cloche tronquée à gauche (paramètre *c* = 2,9) avec un mode en classe 90-100 cm. Cette classe est toujours la mieux représentée dans chacun des sous-blocs, mis à part le sous-bloc G2 où l'effectif maximum s'observe une classe en dessous. La proportion de petites tiges est assez variable d'un sous-bloc à l'autre, c'est dans le sous-bloc G5, le seul avec un paramètre *c* inférieur à 2 qu'elles sont les mieux représentées. C'est dans le sous-bloc G1 à l'Ouest que la densité est la plus faible avec 0,14 tige/ha contre 1,56 pour le sous-bloc G4 le plus à l'Est.

5.2. Synthèse des observations

Les deux espèces pionnières, *Terminalia superba* et *Triplochiton scleroxylon* ne présentent pas de variations importantes dans leurs structures diamétriques en fonction du lieu d'observation.

La structure de *Terminalia* est nettement en cloche dans les deux blocs inventoriés avec pour les structures dans les deux blocs le mode aux classes 70-90 cm de diamètre. Les seuls sous-blocs où une structure différente est observée, avec des petites classes de diamètre bien représentées, correspondent approximativement aux endroits où de la forêt perturbée a été

Carte 14 : Structure diamétrique de *Triplochiton scleroxylon* dans les blocs Nord et Sud



identifiée. Il s'agit des sous-blocs G2, G4, G5 et G7 dans le bloc Nord et des sous blocs G13, G18 et G20 dans le bloc Sud. Le nombre de tiges à l'hectare est toujours important dans les deux blocs et aucun lien ne peut être établi entre les variations de densité et de structure diamétrique et la stratification phytogéographique mises à part les forêts perturbées.

La structure diamétrique de *Triplochiton* est approximativement en cloche dans le bloc Sud avec le mode dans la classe 90-100 cm de diamètre alors que dans le bloc Nord, toutes les classes de diamètre inférieures à celle-ci possèdent approximativement des effectifs semblables. Peu de variations de structure intra-blocs sont observables. Par contre, une bonne relation semble exister entre la densité et la stratification phytogéographique : le nombre de tiges à l'hectare de *Triplochiton* diminue lorsque les forêts deviennent plus humides. Dans le bloc Nord, on passe ainsi de deux à trois tiges/ha à moins d'une lorsque l'on descend vers le Sud plus humide et dans le bloc Sud, la densité diminue de onze fois lorsque l'on passe de la forêt semi-caducifoliée à l'Est (1,56 tiges/ha. à la forêt sempervirente à l'Ouest (0,14 tige/ha).

Les deux espèces héliophiles non-pionnières, *Sterculia rhinopetala* et *Pericopsis elata* située à la limite de leur aire de répartition présentent des structures diamétriques totalement différentes.

Dans le bloc Nord, *Sterculia* a une structure en « J » inversé peu variable selon le lieu d'observation. La densité diminue par contre fortement lorsque l'on se rapproche des forêts plus humides, passant de trois à quatre tiges/ha au Nord à moins d'une tige/ha au Sud du bloc. L'absence de grosses tiges dans le Sud est aussi remarquable.

Dans le bloc Sud, la structure en cloche de *Pericopsis* rappelle celle observée pour les deux espèces pionnières. Elle est peu variable sur la totalité du bloc. La densité diminue lorsque l'on progresse vers la forêt sempervirente et passe de trois à quatre tiges à l'Ouest (mis à part le sous-bloc G3, à cheval sur la limite d'extension) à moins d'une tige/ha à l'Est.

Les deux espèces héliophiles non-pionnières, *Celtis zenkeri* et *Pycnanthus angolensis*, rencontrées dans toute la zone inventoriée, se comportent de la même manière dans le bloc Nord.

Leur structure diamétrique est en « J » inversé en bordure de savane peri-forestière et se redresse progressivement pour former une courbe en cloche plus ou moins tronquée à gauche dans les forêts plus humides au Sud du bloc. Les variations de densité ne peuvent être corrélées au gradient Nord-Sud dans le cas de *Celtis*, alors que l'on peut noter sur la carte 6 la faible présence de *Pycnanthus* au Sud-Ouest du bloc.

Les structures des deux espèces sont très différentes dans le bloc Sud. *Celtis* à une structure en cloche avec les classes 20-40 cm de diamètre mieux représentées dans les sous-blocs G3 et G4 situés en forêt semi-caducifoliée à l'Est du bloc. La densité moyenne de 0,9 tiges/ha est comparable à celle observée dans le bloc Nord, mais on observe une diminution de celle-ci dans les sous-blocs situés à l'Ouest. La densité est ici de 0,5 tige/ha contre 1 à 1,5 tiges/ha pour ceux situés à l'Est.

Pycnanthus est peu implanté dans le bloc Sud avec une densité homogène de 0,12 tige/ha soit presque trente fois moins que dans le bloc Nord. Sa structure diamétrique est en « L » avec les deux premières classes de diamètre bien représentées puis une diminution sensible des effectifs des classes suivantes.

Comme on le voit, autant d'espèces, autant de comportements différents que nous allons maintenant essayer de comprendre et d'expliquer.

5.3. Discussion

5.3.1. L'échelle d'observation

Le premier point à considérer est l'échelle à laquelle sont faites les observations. Les résultats n'ont pas la même signification selon qu'ils sont obtenus à un niveau local sur une petite surface et avec un petit nombre d'individus, ou sur des espaces plus importants avec des échantillons conséquents.

Les auteurs qui signalent des variations locales ou régionales de la structure diamétrique de certaines espèces basent leurs travaux sur la comparaison de petits échantillons (Schulz, 1960; Hubbell et Foster, 1987; Poorter et al, 1996).

Hubbell et Foster (1987) comparent la variation de la structure diamétrique de deux espèces par comparaison de comptages réalisés chacun sur un hectare. Il n'y a pas d'indication sur la taille des échantillons qui permettent d'établir les histogrammes présentés, mais l'absence systématique d'individus pour certaines classes de diamètre laisse à penser, comme on peut le supposer en forêt tropicale hétérogène sur de si petites surfaces que ces distributions sont obtenues à partir d'un faible nombre d'individus. Poorter et al (1996), lorsqu'ils veulent analyser statistiquement les formes des distributions qu'ils observent, sont obligés d'abandonner deux tiers de leurs échantillons pour ne conserver que ceux dont les effectifs sont supérieurs à 25 individus. Ce sont ces observations ponctuelles qui leur permettent de mettre en évidence des variations de la structure diamétrique à un niveau régional. Il est certain qu'une part des variations observées sont à imputer à un échantillonnage insuffisant.

Les observations que nous avons présentées masquent les variations locales et fournissent des résultats à une plus grande échelle à partir d'un dispositif systématique d'inventaire adapté à l'échelle d'observation.

5.3.2. Mise en évidence d'une variabilité de la structure diamétrique.

Alors que Poorter et al (1996), reprenant les hypothèses d'Aubreville (1938) affirment que les variations observées localement doivent s'estomper au niveau régional, nous observons des changements importants dans les formes des distributions diamétriques à une échelle de plusieurs centaines de milliers d'hectare.

Les auteurs (Schulz, 1960; Hubbell et Foster, 1987; Poorter et al, 1996) qui signalent et analysent des variations intraspécifiques dans les structures diamétriques, les ont observées sur des essences pionnières. Nous constatons dans cette étude que les variations les plus significatives concernent deux espèces héliophiles non-pionnières *Celtis zenkeri* et *Pycnanthus angolensis*.

Des variations dans les structures en cloche des essences pionnières *Terminalia superba* et *Triplochiton scleroxylon* sont aussi mises en évidence, mais elles sont moins marquées que pour celles des essences précédentes.

5.3.3. Une explication de la variabilité

C'est le changement des conditions environnementales qui est l'explication la plus souvent avancée pour expliquer des variations dans les structures diamétriques de certaines espèces et l'existence de courbes en cloche (Schulz, 1960; Letouzey, 1968; Newbery et Gartlan, 1996; Poorter et al, 1997). Un milieu défavorable à la reproduction expliquerait le manque de tiges de petits diamètre pour certaines espèces.

Deux hypothèses extrêmes peuvent être envisagées ~~pour~~ par rapport au comportement d'une espèce dans des conditions limites.

- A la limite de son aire de répartition, l'espèce est dans des conditions favorables pour se régénérer. Elle a une dynamique d'expansion. On peut supposer qu'elle présentera une structure diamétrique en équilibre, comportant beaucoup de représentants dans les petites classes de diamètres et où les arbres de très grande taille sont rares.

- L'espèce bien représentée dans la zone d'observation, ne trouve plus les conditions favorables à son installation. On devrait alors observer un vieillissement de la population caractérisé par un déficit de la régénération et des jeunes tiges et éventuellement par la présence d'arbres de gros diamètres témoins d'une installation ancienne.

5.2.3. Structure diamétrique et tempérament des espèces

Ces différents scénarios peuvent être illustrés par le comportement des espèces étudiées :

Dans le bloc Nord *Sterculia rhinopetala* présente typiquement les caractéristiques d'une essence en expansion. Cette espèce étant très sensible à l'humidité, son extension vers le Sud pourrait correspondre à un léger assèchement climatique lui permettant de s'étendre progressivement. L'absence de tiges supérieures à 80 cm dans la partie Sud-Est du bloc couplée à une densité nettement moins forte sont deux arguments confirmant cette hypothèse.

Le deuxième scénario peut être illustré par le comportement de *Pycnanthus angolensis* dans le bloc Nord. Sa structure diamétrique est en « J » inversé au Nord du bloc et prend progressivement une forme en cloche vers le Sud où les densités sont les plus faibles et où les plus gros bois sont implantés. Sa structure diamétrique en « L » dans le bloc Sud semble pourtant en contradiction avec cette explication. Il faut cependant noter que le nombre de tiges à l'hectare est 37 fois moins important que dans le bloc Nord. Les jeunes tiges générées par de rares semenciers ayant survécus sont relativement nombreuses, mais une mortalité élevée empêche un grand nombre de tiges de 40 cm de diamètre de se maintenir. C'est en particulier en considérant cette espèce que Hawthorne (1995) a proposé la création du groupe des héliophiles non-pionnières. Le besoin de lumière à un stade assez jeune de développement ne serait pas satisfait pour cette espèce dans le bloc Sud constitué d'une forêt primaire à tendance sempervirente ou aucune perturbation anthropique n'existe.

Un autre exemple de variations induites par des changements environnementaux est apporté par les deux espèces pionnières *Terminalia superba* et *Triplochiton scleroxylon*. Leur structure en cloche peut s'expliquer par une abondance de régénération à une époque où le milieu était plus ouvert. Ces essences pionnières se sont alors installées et développées, puis le milieu s'est refermé empêchant les régénérations suivantes. C'est d'ailleurs dans le bloc Nord, où la forêt est perturbée par l'exploitation et la culture itinérante que l'on observe des sous-blocs présentant le plus de tiges de petits diamètres.

Le comportement de *Pericopsis elata* pose un autre problème car sa structure diamétrique en cloche est constante sur toute la zone d'observation. Nous avons déjà signalé l'observation du même phénomène en Côte d'Ivoire (Aubreville, 1938). D'autres espèces ont le même comportement comme *Erythrophloeum ivorense*. Sa structure diamétrique en cloche est observée au Cameroun en forêt littorale par Newbery et Gartlan (1996), plus à l'Est dans les forêts de notre zone d'étude par Durrieu et Forni (1997), en République Centrafricaine par le Projet d'Aménagement Sangha Mbaere (1997) et en Côte d'Ivoire par Poorter et al (1996).

Considérant la généralisation de cette observation pour des espèces dont l'abondance est forte, on est en droit de se demander si la structure en cloche ne représente pas pour certaines espèces une situation en équilibre.

La forme de la courbe de structure fait intervenir des taux de croissance, mortalité et recrutement spécifiques. C'est la variation des deux premiers paramètres en fonction des classes de diamètre, appliqués sur des effectifs alimentés par le recrutement qui pourrait générer naturellement de telles structures. Une simulation à partir du modèle matriciel déterministe développé par Favrichon (1995) en forêt guyanaise a permis d'établir de façon constante ce type de distribution. Elle a nécessité pour ce faire l'application d'un taux de croissance très important des petits diamètres associé à une faible mortalité. Il reste à vérifier sur le terrain pour ces espèces, dont le tempérament serait à définir, si ces taux ont quelque rapport avec la réalité.

5.3.4. Structure diamétrique des espèces et type de forêt

L'existence d'une formation forestière dépend essentiellement de facteurs climatiques dont les plus importants sont le nombre de saisons (saison des pluies et saison sèche) et leur durée, la pluviométrie annuelle et le déficit hydrique (Trochain, 1980).

La transition de la forêt sempervirente aux savanes péri-forestières repose sur l'interaction de causes climatiques, édaphiques et anthropiques (Aubreville, 1947; Lebrun et Gilbert, 1954; Letouzey, 1968). Le passage d'un type à un autre n'est pas brutal, mais se fait par l'intermédiaire d'une mosaïque d'îlots forestiers, la forêt sempervirente se maintenant en forêt semi-décidue sur les meilleurs sols (Letouzey, 1968, 1985), profitant notamment de bonnes réserves hydriques en conditions climatiques peu favorables pour son existence, de même pour la forêt semi-décidue en bordure de savane, ce qui explique en particulier l'existence des galeries forestières.

Une essence caractéristique d'un type de forêt assez exigeante pour certains facteurs nécessaires à son développement rencontrera à un endroit, à cause de changement du milieu des conditions moins favorables pour se régénérer ou survivre. Les zones favorables à sa régénération ou à son développement seront de plus en plus rares. L'espèce sera moins abondante et son cycle de croissance pourra être fortement perturbé.

La structure diamétrique de *Celtis zenkeri*, espèce caractéristique exclusive de la forêt semi-caducifoliée (Letouzey, 1968, 1985) semble être un bon indicateur du type de forêt dans laquelle elle est observée. Dans le bloc Sud, la structure diamétrique globale est en cloche mais l'on observe une meilleure représentation des tiges de petits diamètres à l'Est du bloc qui comporte de la forêt semi-décidue. Cette structure est comparable à celle observée au Sud du bloc Nord à la limite des forêts de transition. Ce comportement illustre parfaitement la seconde hypothèse que nous avons émise pour expliquer les changements dans les structures diamétriques.

5.3.5. Structure diamétrique des espèces et histoire de la forêt

Le type de forêt n'est pas forcément partout celui correspondant au climat actuel. Les noyaux de forêt sempervirente signalés par Letouzey (1968, 1985) pourraient être les reliques d'une forêt qui s'est développée il y a plusieurs siècles dans des conditions plus humides.

De nombreuses études palynologiques au Cameroun notamment (Maley et Brenac, 1997; Raynaud et Maley, 1994) font état d'importantes variations dans la composition floristique des forêts ces derniers millénaires. On y observe périodiquement des explosions d'essences forestières pionnières (*Trema*, *Macaranga*) signe d'une humidification du climat, succédant à

des phases où les graminées sont majoritaires, signe d'une disparition de la forêt. La dernière période importante où l'on observe l'extension des savanes au détriment de la forêt a débuté il y a environ 2500 ans (Maley, 1990). Cette période, qui a été en outre caractérisée par d'intenses perturbations au sein des écosystèmes forestiers humides, s'est prolongée jusqu'à une date qui ne remonte pas à plus de quelques siècles (Nguetsop, 1997). Il est probable qu'à cette époque la forêt était absente dans notre zone d'étude ou alors très fortement morcelée.

Ces grandes phases de variation du climat mises en évidence par les analyses palynologiques sont elles mêmes sujettes à variations internes. Nguetsop (1997) observe à partir de l'étude de diatomées fossiles dans le lac Ossa dans l'Ouest-Cameroun une péjoration climatique qu'il date vers 600/200 ans. Sircoulon (1992) cité par Dupuy (1996) distingue pour notre siècle une alternance de périodes climatiques plus ou moins humides, la période actuelle qui a débuté vers 1968 étant la plus sèche des trois périodes sèches décrites pour ce siècle.

Les études sur la dynamique de la forêt en lisière forêt-savane montrent pourtant, comme le remarquait déjà Letouzey (1968, 1985) que celle-ci est actuellement en expansion sur la savane. Le climat est toujours favorable à la forêt mais probablement plus assez humide pour l'avancée de la forêt sempervirente. Dans notre étude, la structure diamétrique de *Sterculia rhinopetala* à la limite de son aire d'extension laisse en effet à penser que cette espèce est actuellement en train de s'étendre vers le Sud à la faveur d'un assèchement du climat. Ces conditions sont aussi remarquées en Côte d'Ivoire où Eldin cité par Dupuy, (1996) note que les exigences climatiques de la forêt sempervirente ne sont actuellement plus remplies pour sa régénération. Cette observation renforce celle de Letouzey (1968, 1985) qui note aussi la dynamique colonisatrice de la forêt semi-caducifoliée sur les différents types de forêts sempervirentes présents au Cameroun.

Les activités anthropiques sont aussi un facteur important à prendre en considération lorsque l'on considère l'histoire récente des forêts. Comme nous l'avons vu dans le bloc Nord, la dynamique des espèces pionnières est influencée par la création de grandes ouvertures suite à l'exploitation ou à l'agriculture. Des changements dans les structures diamétriques de ces espèces peuvent ainsi être observés avec généralement une augmentation du nombre de tiges de petits diamètres faisant suite à la création d'ouverture. Des études plus fines pourront peut-être mettre en évidence dans les prochaines années une disparition des tiges de moyens et gros diamètres pour certaines espèces commerciales très appréciées sur les marchés internationaux.

6. CONCLUSION

Nous mettons en évidence dans cette étude des variations importantes de la structure diamétrique de deux des espèces étudiées, *Celtis zenkeri* et *Pycnanthus angolensis* présentes dans les 500 000 hectares de notre zone d'étude. Cette structure passe pour la même espèce d'une forme en « J » inversé à une courbe en cloche en fonction du lieu d'observation. Ces espèces ont selon (Whitmore, 1995) un tempérament d'espèces héliophiles non pionnières.

Ce résultat est original car on considère souvent dans la littérature la structure diamétrique comme caractéristique pour chaque essence (Rollet, 1974). Lorsque des changements de structure sont observés ils concernent généralement des espèces pionnières (Schulz, 1960; Hubbel et Foster, 1987, Poorter et al, 1996).

Des variations de la structure moins importantes sont aussi mises en évidence pour les deux espèces pionnières, *Terminalia superba* et *Triplochiton scleroxylon*, que nous avons étudiées. La raison de ces variations réside dans la faculté qu'ont ces espèces de coloniser des milieux ouverts et de ne plus pouvoir se régénérer lorsque le milieu se referme.

Des variations dans les conditions climatiques peuvent expliquer les changements dans les structures diamétriques des deux premières espèces citées. Les études convergent pour dire que la forêt est assez récente (environ 2000 ans) dans la région d'étude. La dynamique régissant la transgression de cette forêt est toujours actuelle et il est probable que les structures en cloche pour *Celtis* et *Pycnanthus* sont observées à des endroits où ces espèces se maintiennent dans un milieu qui a changé depuis leur installation.

De nombreuses études restent à entreprendre pour mieux comprendre les phénomènes observés.

En plus des facteurs climatiques, des conditions édaphiques particulières, qu'il faudrait aller vérifier sur le terrain, permettent d'avancer une explication pour certaines structures observées. C'est ainsi que Letouzey (1968) justifie la disparition de *Baillonella toxisperma* par la baisse de niveau de la nappe phréatique ou qu'il explique la présence de noyaux de forêt sempervirente en forêt semi-décidue par leur implantation sur des sols plus riches et plus humides.

Enfin d'importantes lacunes existent dans la connaissance de l'autoécologie de la majorité des espèces de forêt tropicale humide. Rares sont les espèces pour lesquelles de telles observations ont été faites. Ces informations sont fondamentales pour apprécier de façon plus précise les variations diamétriques mises en évidence.

BIBLIOGRAPHIE

- Anonyme, (1994). *Minitab référence manual, release 10 for Windows*. PA State College, Minitab, 984 p.
- Alexandre D.Y. (1982a). Aspects de la régénération naturelle en forêt dense de Côte d'Ivoire. *Candollea*, 37(2) : 579-588.
- Alexandre D.Y. (1982b). Croissance et démographie des semis naturels en forêt de Taï. *Mém. Muséum National d'Histoire naturelle*, 132 : p193-200.
- Alexandre D.Y. (1989). *Dynamique de la régénération naturelle en forêt dense de Côte d'Ivoire*. Série Etudes et thèses, Paris, ORSTOM, 102 p.
- Aubreville A. (1938). *La forêt coloniale : Les forêts de l'Afrique Occidentale Française*. Paris, Société d'Editions Géographiques, Maritimes et Coloniales.
- Aubreville A. (1947). Les brousses secondaires en Afrique équatoriale. *Bois et Forêts des Tropiques*, 2 : 24-49.
- Aubreville A. (1957). A la recherche de la forêt en Côte d'Ivoire. *Bois et Forêts des Tropiques*. 56(4), 17-32.
- Aubreville A. (1958). A la recherche de la forêt en Côte d'Ivoire. *Bois et Forêts des Tropiques*. 57(1), 12-27.
- Bailey R. L., Dell T. R., (1973). Quantifying diameter distributions with the Weibull function. *Forest Sci.* 19 (2) : 97-104.
- CTFT, (1983). *Inventaire des ressources forestières du Sud Cameroun (1^{ère} tranche). Fascicule I : Description de la région inventoriée. Méthode et réalisation de l'inventaire*. République Unie du Cameroun, CENADEFOR, 134 p.
- CTFT, (1985). *Inventaire des ressources forestières du Sud Cameroun (2^{ème} tranche). Fascicule I : Description de la région inventoriée. Méthode et réalisation de l'inventaire*. République Unie du Cameroun, CENADEFOR, 128 p.
- Budowski G., (1965). Distribution of tropical American rain forest species in the light of successional processes. *Turrialba* 15 : 40-42
- Dagnelie P., (1975). *Théorie et méthodes statistiques*. Gembloux, Presses Agronomiques, vol 2, 463 p.
- Debroux L., (1996). *La régénération naturelle et la gestion de populations d'arbres : l'étude du Moabi (Baillonella toxisperma) dans la forêt du Dja, Cameroun*. Gembloux, Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques. Rapport interne, 20 p.
- Doumenge C. (1990). *Contribution à l'étude des structures de populations d'arbres des forêts d'Afrique centrale (exemple du Gabon, Cameroun et Congo)*. Thèse Science, Université Montpellier-II, Département de botanique tropicale, 272 p.
- Dupuy B., (1996). *Bases pour une sylviculture en forêt dense humide africaine*. Montpellier. CIRAD-Forêt. Document interne, 291 p.
- Durrieu de Madron L., Forni E., (1997). Aménagement forestier dans l'Est du Cameroun. Structure du peuplement et périodicité d'exploitation. *Bois et Forêts des Tropiques* 253(4): 1-10 (à paraître).
- Favrichon V. (1995). *Modèle matriciel déterministe en temps discret. Application à l'étude de la dynamique d'un peuplement forestier tropical humide (Guyane française)*. Thèse. Université Lyon I. 252 p
- Gauthier G., (1988). *Manuel de photo-interprétation forestière*. République du Cameroun. ACDI - CENADEFOR. 174 p.
- Gavaud M., Muller J.P. (1979). Les sols, In : *Atlas de la République unie du Cameroun*. Paris, Jeune Afrique, pp 25-27
- Hawthorne W. D., (1995). *Ecological profiles of Ghanaian forest trees*. Trop. For. Pap.29, Oxford Forestry Institute, 345 p.

- Hubbel S. P. Foster R.B. (1987).** La estructura espacial en gran escala de un bosque neotropical. *Rev. Biol. Trop.*, **35** (Supl.1) : 7-22.
- Huttel C; (1975).** Recherches sur l'écosystème de la forêt subéquatoriale de basse Côte-d'Ivoire. III. Inventaire et structure de la végétation ligneuse. *La Terre et la Vie* **29**.178-191.
- Jolyet A, (1916).** *Traité pratique de sylviculture*. Paris, J.-B. Baillière et fils, 724 p.
- Jones E. W., (1955).** Ecological studies on the rain forest of southern Nigeria IV: The plateau forest of the Okumu Forest Reserve. Part I : The environment, the vegetation types of forest, and the horizontal distribution of species. *Journal of Ecology* **43**: 564-594.
- Jones E. W. (1956)** Ecological studies on the rain forest of southern Nigeria IV: The plateau forest of the Okumu Forest Reserve. Part II. The reproduction and history of the forest. *Journal of Ecology* **44**. 83-117.
- Lebrun J., Gilbert G., (1954)** Une classification écologique des forêts du Congo. *Publ. INEAC*, sér. Sci., **63** : 89 p.
- Lebrun J.-P., Stork A. L., (1991).** *Énumération des plantes à fleurs d'Afrique tropicale. Vol.I Généralités et Annonaceae à Pandaceae*. Genève, Conservatoire et Jardin botaniques de la ville de Genève. 249 p.
- Lebrun J.-P., Stork A. L., (1992).** *Énumération des plantes à fleurs d'Afrique tropicale. Vol.II Chrysobalanaceae à Apiaceae*. Genève, Conservatoire et Jardin botaniques de la ville de Genève. 249 p.
- Lejeune P., (1994).** Construction d'un modèle de répartition des arbres par classes de grosseur pour des plantations d'épicéa commun (*Picea abies* L Karst) en Ardenne belge. *Ann. Sci. For.* **51**, 53-65
- Letouzey R., (1968).** *Étude phytogéographique du Cameroun*. Paris : P. LeChevalier, 508 p.
- Letouzey R, (1979).** Floristique et typologie In Ecosystèmes forestiers tropicaux. *Recherches sur les ressources naturelles XIV*. Paris. Unesco-PNUE pp 94-117.
- Letouzey R., (1985).** *Notice de la carte phytogéographique du Cameroun Au 1:500 000*. Toulouse : Institut de la Carte Internationale de la Végétation, 240 p.+ 8 cartes.
- Malaisse F., (1982).** Comparison of the woody structure in a regressive zambezi succession : dry evergreen forest - open forest - wooded savanna (Luiswishi, Shaba, Zaire). *Geo-Eco-Trop*, **6** (4) : 309-350.
- Maley J. (1992).** Mise en évidence d'une péjoration climatique entre ca. 2 500 et 2 000 ans B.P. en Afrique tropicale humide. *Bull. Soc. géol. France*, **163** (3) : 363-365.
- Maley J., Brenac P., (1997).** Vegetation dynamics, Palaeoenvironments and Climatic changes in the Forests of West Cameroon during the last 28 000 years BP. *Palaeo* **3**, (à paraître) 29 p.
- Mangenot G., (1958).** Les recherches sur la végétation dans les régions tropicales humides de l'Afrique occidentale. In UNESCO : *Study of Tropical Végétation. Proceedings of the Kandy symposium/L'étude de la végétation tropicale. Actes du Colloque de Kandy*. Paris, UNESCO pp 115-126.
- Newbery D. McC., Gartlan, J. S., (1996).** A structural analysis of rain forest at Korup and Douala-Edea, Cameroun. In : M.S. Swaine, I. Alexander et R. Walting, *Essays on the ecology of the Guinea-Congo rain forest*. Royal Soc. Edinburgh, Section B, **104**. : 177-224.
- Nguetsop V. P., (1997).** *Evolution des environnements de l'Ouest Cameroun depuis 6000 ans, d'après l'étude des diatomées actuelles et fossiles dans le lac Ossa. Implications paléoclimatiques*. Thèse de Doctorat du Museum National d'Histoire Naturelle.
- Nougier J., (1979).** Géologie, In : *Atlas de la République unie du Cameroun*. Paris, Jeune Afrique, pp 9-12.

- Oldeman R.A.A., van Dijk J., (1991).** Diagnosis of the temperament of tropical rain forest trees *In* Gomez-Pompa, T.C. Whitmore et M. Hadley, *Rain forest regeneration and management*. Paris, UNESCO MAB series, 6 : pp21-65.
- ONADEF, (1991).** *Normes de vérification des travaux d'inventaire de reconnaissance, d'aménagement et de pré-investissement*. République du Cameroun, Ministère de l'Agriculture. 28 p.
- ONADEF, (1992a).** *Inventaire des ressources forestières Phase IV. Rapport général*. République du Cameroun, Ministère de l'Environnement et des Forêts. 56 p
- ONADEF, (1992b).** *Normes de stratification forestière du territoire pour une cartographie au 1/200 000*. République du Cameroun, Ministère de l'Environnement et des Forêts. 18 p
- Palm R., (1996).** La classification numérique : Principes et application. *Notes Stat. Inform.* 96/1. Gembloux, Faculté universitaire des Sciences agronomiques. 28 p.
- Pendje G., (1994).** *Stratégie de régénération de neuf essences commerciales de forêt tropicale (Mayombe, Zaïre)*. Thèse, Université de Paris VI, 443 p.
- Pierlot R., (1966).** *Structure et composition de forêts denses d'Afrique Centrale, spécialement celles du Kivu*. Bruxelles : Académie Royale des Sciences d'Outre-Mer XVI-4, 367 p.
- Poorter L., Bongers F., van Rompaey R.S.A.R., de Klerk M., (1996).** Regeneration of canopy tree species at five sites. in West African moist forest. *Forest Ecology and Management* 84 : 61-69.
- Projet API, (1995).** *Généralités sur l'aménagement des forêts de production de la province de l'Est*. République du Cameroun, Ministère de l'Environnement et des Forêts. 107 p
- Projet d'Aménagement Forestier Sangha-Mbaéré, (1997).** *Inventaire d'aménagement. Présentation des premiers résultats*. République Centrafricaine, Ministère des Eaux et forêts, chasse et pêche, CIRAD-Forêt, 41 p.
- Reynaud I, Maley J., (1994)** Histoire récente d'une formation forestière du Sud-Ouest-Cameroun à partir de l'analyse pollinique. *C. R. Acad. Sci. Paris, Sciences de la vie/Life science*, 317 : 575-580.
- Riera B., Puig H., Lescure J.P., (1990).** La dynamique de la forêt naturelle. *Bois et Forêts des Tropiques*, 219 : 69-78.
- Rollet B., (1974).** *L'architecture des forêts denses humides sempervirentes de plaine*. Nogent sur Marne : Centre Technique Forestier Tropical, 298 p.
- Rollet B. (1979).** Organisation. *In* Ecosystèmes forestiers tropicaux. *Recherches sur les ressources naturelles* XIV. Paris. Unesco-PNUE pp 118-152
- Saporta G., (1990).** *Probabilités, analyse des données et statistique*. Paris, Technip, 493 p.
- SAS Institute inc, (1990).** *SAS/STAT. User's guide, version 6*, 4ème édition (2 volumes). Cary NC, SAS Institute Inc. 1686 p.
- Schulz J.P., (1960).** *Ecological studies on rainforest in northern Surinam*. Verh. K. Ned. Akad. Wet., 253 : 267 p.
- Sircoulon J., (1992).** Evolution des climats et des ressources en eau. *Afrique contemporaine*, 161 : 57-77.
- Steenis (van) C.G.G.J. (1956).** De biologische nomaden-theorie. *Vakblad voor biologen* 8 : 165-173.
- Swaine M.D., Hall J.B., (1988).** The mosaic theory of forest regeneration and determination of forest composition in Ghana. *J. Trop. Ecol.*, 4 : 253-269.
- Swaine M.D., Whitmore T.C., (1988).** On the definition of ecological species groups in tropical rain forests. *Vegetatio*, 75: 81-86.
- Thioulouse J., Chessel D., Dolédec S., Olivier J.M., (1995).** *ADE-4 Program Library*. Villeurbanne : Université Lyon I, 82 p.

Trochain J.-L., (1980). *Ecologie végétale de la zone intertropicale non désertique.* Toulouse, Université Paul Sabatier. 468 p.

Vivien J., Faure J.J., (1985). *Arbres des forêts denses d'Afrique centrale.* Paris : Ministère des Relations Extérieures, Coopération et Développement - A.C.C.T. 565 p.

Annexe 1

Liste des essences soumises à cotation qualitative

Code	Appellation	Famille	Nom scientifique
101	Acajou à grandes folioles	Meliacées	<i>Khaya grandifoliola</i> C. DC.
102	Acajou blanc	Meliacées	<i>Khaya anthotheca</i> (Welw) C. DC
103	Acajou de bassam	Meliacées	<i>Khaya ivorensis</i> A. Chev.
104	Assamela /Afromosia	Fabacées	<i>Pericopsis elata</i> (Harms) van Meeuwen
105	Bété	Sterculiacées	<i>Mansonia altissima</i> (A. Chev.) A. Chev.
106	Bossé clair	Meliacées	<i>Guarea cedrata</i> (A. Chev.) Pellegr.
107	Bossé foncé	Meliacées	<i>Guarea thompsonii</i> Sprague & Hutch.
108	Dibétou / Bibolo	Meliacées	<i>Lovoa trichilioides</i> Harms
109	Doussié blanc	Cesalpiniacées	<i>Azelia pachyloba</i> Harms
110	Doussié rouge	Cesalpiniacées	<i>Azelia bipindensis</i> Harms
111	Doussié Sanaga	Cesalpiniacées	<i>Azelia africana</i> Smith ex Pers
112	Ebène	Ebenacées	<i>Diospyros crassiflora</i> Hiern
113	Framiré	Combretacées	<i>Terminalia ivorensis</i> A. Chev.
114	Iroko	Moracées	<i>Milicia excelsa</i> (Welw.) Berg.
115	Kossipo	Meliacées	<i>Entandrophragma candollei</i> Harms
116	Kotibé	Sterculiacées	<i>Nesogordonia papaverifera</i> (A. Chev) Cap
117	Douka/Makoré	Sapotacées	<i>Tieghemella africana</i> Pierre
118	Moabi	Sapotacées	<i>Baillonella toxisperma</i> Pierre
119	Okoumé	Burseracées	<i>Aucoumea klaineana</i> Pierre
120	Sapelli	Meliacées	<i>Entandrophragma cylindricum</i> (Sprague) Sprague
121	Sipo	Meliacées	<i>Entandrophragma utile</i> (Dawe & Sprague) Sprague
122	Tiama	Meliacées	<i>Entandrophragma angolensis</i> (Welw) C. DC.
123	Wenge	Fabacées	<i>Milletia laurentii</i> De Wild.
201	Aningré « A »	Sapotacées	<i>Aningeria altissima</i> (A. Chev.) Aubr. & Pellegr.
202	Aningré « R »	Sapotacées	<i>Aningeria robusta</i> (A. Chev.) Aubr. & Pellegr
203	Ayous	Sterculiacées	<i>Triplochiton scleroxylon</i> K. Schum.
204	Azobé	Ochnacées	<i>Lophira alata</i> Banks ex Gaertn.
205	Bahia	Rubiacees	<i>Hallea ciliata</i>
206	Bongo H	Rutacées	<i>Zanthoxylum heitzii</i> (Aubrevill & Pellegr.) Waterman
210	Bubinga E	Cesalpiniacées	<i>Guibourtia ehie</i> (A. Chev.) Léonard
211	Bubinga Rouge	Cesalpiniacées	<i>Guibourtia demeusei</i> (Harms) Léonard
212	Bubinga Rose	Cesalpiniacées	<i>Guibourtia tessmanii</i> (Harms) Léonard
213	Eyong	Sterculiacées	<i>Eribroma oblongum</i> (Mast.) Pierre ex Germain
214	Longhi	Sapotacées	<i>Gambeya africana</i> (Bak.) Pierre
215	Movingui	Cesalpiniacées	<i>Distemonanthus benthamianus</i> Baill.
217	Lotofa/Nkanang	Sterculiacées	<i>Sterculia rhinopetala</i> K. Schum.
218	Ozigo	Burseracées	<i>Dacryodes buettneri</i> (Engl.) Lam
301	Aielé	Burseracées	<i>Canarium schweinfurthii</i> Engl.
302	Ako « A »	Moracées	<i>Antiaris toxicaria</i> Lesch var. <i>africana</i>
303	Ako « W »	Moracées	<i>Antiaris toxicaria</i> Lesch var. <i>welwitschii</i>
304	Bilinga	Rubiacees	<i>Nauclea diderrichii</i> (De Wild. & Th. Dur.) Merrill
305	Dabéma	Mimosacées	<i>Piptadeniastrum africanum</i> (Hook. F.) Brenan
306	Diana Z	Ulmacées	<i>Celtis zenkeri</i> Engl
307	Difou	Moracées	<i>Morus mesozygia</i> Stapf. ex A. Chev.

Liste des essences soumises à cotation qualitative

Code	Appellation	Famille	Nom scientifique
308	Ebiara Edéa	Cesalpiniacées	<i>Berlinia bracteosa</i> Benth.
309	Ekoune	Myristicacées	<i>Coelocaryon preussii</i> Warburg
310	Emien	Apocynacées	<i>Alstonia boonei</i> De Wild.
311	Fraké	Combretacées	<i>Terminalia superba</i> Engl & Diels
312	Fromager	Bombacacées	<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn
313	Iatandza	Mimosacées	<i>Albizia ferruginea</i> (Guill. & Perr.) Benth.
314	Ilomba	Myristicacée	<i>Pycnanthus angolensis</i> (Welw.) Warb.
315	Kondroti	Bombacacées	<i>Bombax brevicupe</i> Sprague
316	Kumbi	Anacardiacées	<i>Lannea welwitschii</i> (Hiern) Engl.
317	Landa	Erythroxylacées	<i>Erythroxylum mannii</i> Oliv.
318	Limbali	Cesalpiniacées	<i>Gilbertiodendron dewevrei</i> (De Wild.) Léonard
319	Mukulungu	Sapotacées	<i>Austranella congolensis</i> (De Wild.) A. Chev.
320	Mutondo	Apocynacées	<i>Funtumia elastica</i> (Preuss) Stapf
321	Niové	Myristicacée	<i>Staudtia kamerunensis</i> Warb.
322	Oboto	Clusiacees	<i>Mammea africana</i> Sab.
323	Okan	Mimosacées	<i>Cylicodiscus gabonensis</i> Harms
324	Onzabili « K »	Anacardiacées	<i>Antrocaryon klaineum</i> Pierre
325	Onzabili « M »	Anacardiacées	<i>Antrocaryon micraster</i> A. Chev. & Guillaum.
326	Padouk rouge	Papilionacées	<i>Pterocarpus soyauxii</i> Taub.
327	Padouk blanc	Papilionacées	<i>Pterocarpus mildbraedii</i> Harms
328	Tali	Cesalpiniacées	<i>Erythrophleum ivorense</i> A. Chev.
329	Tchitola	Cesalpiniacées	<i>Oxystigma oxyphyllum</i> (Harms) Léonard
330	Tola	Cesalpiniacées	<i>Gosweilerodendron balsamiferum</i> (Vermoe.) Harms
331	Zingana	Cesalpiniacées	<i>Microberlinia bisulcata</i> A. Chev.
438	Amouk/Mambodé	Cesalpiniacées	<i>Detarium macrocarpum</i> Harms
448	Angueuk	Olacacées	<i>Ongokea gore</i> (Hua) Pierre
465	Avodiré	Meliacées	<i>Turreanthus africanus</i> (Welw; ex C DC.) Pelleg.
506	Naga	Cesalpiniacées	<i>Brachystegia eurycoma</i> Harms
557	Kapokier	Bombacacées	<i>Bombax buonopozense</i> P. Beauv.
558	Koto	Sterculiacées	<i>Pterygota macrocarpa</i> K. Schum.
563	Lati	Fabacées	<i>Amphimas spp</i> Torres & Hille
628	Bodioa/Noudougou	Anisophylleacées	<i>Anopyxis klaineana</i> (Pierre) Engl.
645	Alep/Omang	Irvingiacées	<i>Desbordesia glaucescens</i> (Engl.) Van Tiegh
650	Osanga	Combretacées	<i>Pteleopsis hyloidendron</i> Mildb.
661	Pao rosa	Cesalpiniacées	<i>Swartzia fistuloides</i> Harms

Annexe 2

Surface inventoriée dans les Unités du Bloc Nord

Code Unité	Surface (ha)	Code Unité	Surface (ha)	Code Unité	Surface (ha)	Code Unité	Surface (ha)	Code Unité	Surface (ha)
N8	11.0	N52	15.0	N93	16.0	N132	24.0	N173	24.0
N9	11.0	N53	15.0	N94	16.0	N133	24.0	N174	24.0
N10	25.5	N54	15.5	N95	16.0	N134	24.0	N175	24.0
N11	17.0	N55	16.5	N96	16.0	N135	20.0	N176	24.0
N12	16.5	N56	16.5	N97	16.0	N138	17.0	N177	24.0
N13	17.5	N57	16.0	N98	16.0	N139	16.0	N178	24.0
N14	10.5	N58	20.0	N99	16.0	N140	16.0	N179	19.5
N15	12.0	N59	16.5	N100	17.5	N141	15.0	N180	21.0
N16	9.5	N60	15.0	N102	10.0	N142	12.5	N183	9.0
N17	7.0	N61	8.0	N103	17.5	N143	15.0	N184	16.0
N23	24.0	N62	8.0	N104	12.5	N144	16.5	N185	16.0
N24	16.0	N63	8.0	N105	16.0	N145	17.0	N186	16.0
N25	16.0	N66	15.5	N106	18.5	N146	17.0	N187	16.0
N26	14.0	N67	15.0	N107	17.0	N147	17.0	N188	16.0
N27	15.5	N68	15.5	N108	15.0	N148	17.5	N189	16.0
N28	18.0	N69	14.5	N109	16.0	N149	11.0	N190	16.0
N29	18.0	N70	16.0	N110	14.0	N150	8.0	N191	18.5
N30	15.5	N71	15.0	N111	16.5	N151	8.0	N192	7.0
N31	17.5	N72	17.0	N112	16.0	N152	7.5	N193	7.0
N32	17.0	N73	18.0	N113	7.5	N154	13.0	N194	8.0
N33	13.5	N74	16.0	N114	8.0	N155	8.0	N195	8.0
N35	23.5	N75	16.0	N115	8.0	N156	8.0	N196	8.0
N36	16.0	N76	16.0	N116	8.0	N157	10.5	N197	8.0
N37	16.0	N77	16.0	N117	13.5	N158	9.5	N198	8.0
N38	13.5	N78	16.0	N120	18.0	N159	9.5	N199	8.0
N39	17.0	N79	16.0	N121	23.5	N160	11.5	N200	8.5
N40	17.0	N80	16.0	N122	24.0	N161	10.0	N202	14.5
N41	16.0	N84	20.5	N123	24.0	N162	9.5	N203	24.0
N42	14.5	N85	18.0	N124	13.5	N163	8.5	N204	24.0
N43	16.0	N86	14.5	N125	15.5	N164	11.0	N205	21.5
N44	16.0	N87	16.5	N126	15.0	N165	16.0	N206	12.0
N45	17.5	N88	16.0	N127	15.5	N166	20.0	N207	8.0
N46	17.0	N89	15.5	N128	17.0	N169	11.0	N208	15.5
N49	11.0	N90	15.0	N129	15.5	N170	15.5	N209	16.0
N50	15.5	N91	14.5	N130	17.0	N171	24.0		
N51	15.0	N92	15.5	N131	18.0	N172	24.0		

Annexe 3

Surface inventoriée dans les Unités du Bloc Sud

Code Unité	Surface (ha)	Code Unité	Surface (ha)	Code Unité	Surface (ha)	Code Unité	Surface (ha)	Code Unité	Surface (ha)
S1	10.5	S38	16.0	S72	16.0	S107	16.0	S143	16.0
S2	16.0	S39	16.0	S73	14.5	S108	21.0	S144	16.5
S3	15.5	S40	16.0	S74	16.0	S109	16.5	S145	16.0
S4	18.0	S41	11.0	S75	14.0	S110	16.0	S146	16.0
S9	13.5	S42	13.5	S76	16.0	S111	16.0	S147	15.0
S10	11.5	S43	15.5	S77	16.0	S112	16.0	S148	20.5
S11	16.0	S44	16.0	S78	16.0	S113	20.0	S149	11.5
S12	16.0	S45	16.0	S79	14.0	S115	8.0	S150	16.0
S13	16.0	S46	9.5	S80	16.0	S116	16.0	S151	16.0
S14	16.0	S47	7.5	S81	16.0	S117	16.0	S152	16.5
S15	14.0	S48	8.0	S82	16.0	S118	16.0	S153	16.0
S16	16.0	S49	15.0	S83	11.0	S119	16.0	S154	16.0
S17	16.0	S50	16.0	S85	11.5	S120	14.5	S155	16.0
S18	16.0	S51	16.0	S86	15.0	S121	9.5	S156	16.5
S19	11.0	S52	16.0	S87	17.0	S122	9.5	S157	16.0
S20	11.0	S53	14.5	S88	16.0	S123	12.0	S158	23.0
S21	15.5	S54	16.0	S89	16.0	S124	17.0	S162	15.5
S22	15.5	S55	16.0	S90	11.0	S125	10.5	S163	19.0
S23	16.0	S56	16.0	S91	15.5	S126	9.5	S164	14.0
S24	16.0	S57	16.0	S92	15.5	S127	16.0	S165	16.0
S25	16.0	S58	14.0	S93	15.5	S128	16.0	S166	18.0
S26	21.0	S59	16.0	S95	23.0	S129	16.0	S167	25.5
S27	24.0	S60	16.0	S96	13.5	S130	16.0	S168	13.0
S28	17.0	S61	16.0	S97	16.0	S131	16.0	S169	21.5
S29	16.0	S62	11.0	S98	15.0	S132	17.0	S170	15.0
S30	16.5	S64	8.0	S99	16.0	S133	16.0	S171	13.5
S31	16.0	S65	9.0	S100	16.0	S134	16.0	S172	8.5
S32	9.5	S66	15.5	S101	16.0	S135	11.5	S173	15.5
S33	16.0	S67	14.0	S102	16.0	S138	16.0	S175	9.5
S34	16.0	S68	15.5	S103	13.5	S139	16.0	S178	14.0
S35	16.0	S69	16.0	S104	8.0	S140	16.0	S179	18.0
S36	16.0	S70	16.0	S105	16.5	S141	16.0		
S37	14.0	S71	16.0	S106	16.0	S142	16.0		

Annexe 4

Structures Diamétriques par espèce et par groupes d'unités

Celtis zenkeri

Bloc Nord

Classe	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	Tot
1	68	212	61	62	111	84	37	40	20	695
2	27	90	53	60	83	56	50	57	39	515
3	26	49	65	60	105	63	42	72	43	525
4	22	29	48	53	103	38	41	60	34	428
5	38	33	46	58	65	45	27	53	35	400
6	20	17	30	29	46	28	26	25	38	259
7	14	7	25	36	27	17	15	16	17	174
8	6	3	7	9	13	7	3	5	12	65
9	1	1	4	7	6	6	2	1	1	29
10	0	0	0	1	5	0	1	1	1	9
11	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
12	0	0	0	0	2	0	1	0	0	3
13	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
14	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
Tot	222	441	340	375	566	345	245	330	241	3105
Surf	337	373	356	251	251	203	333,5	365,5	261,5	2731,5
N/ha	0,66	1,18	0,96	1,49	2,25	1,70	0,73	0,90	0,92	1,14

Bloc Sud

Classe	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	G10	Tot
1	4	7	18	22	3	2	4	12	2	4	78
2	21	17	19	28	9	24	12	37	10	16	193
3	27	32	45	43	16	48	23	66	17	51	368
4	31	67	47	44	19	45	33	79	31	48	444
5	22	68	48	52	19	69	43	104	32	50	507
6	17	56	45	32	13	62	27	69	28	28	377
7	12	32	36	39	4	19	12	28	10	23	215
8	1	8	15	21	4	2	4	15	5	7	82
9	2	1	4	4	0	1	1	1	0	3	17
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	2
12	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tot	137	288	279	285	87	272	160	411	135	230	2284
Surf	309	366	248	236	206,5	235,5	229	249,5	230	166,5	2476
N/ha	0,443	0,787	1,125	1,208	0,421	1,155	0,699	1,647	0,587	1,381	0,922

Classe	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	G10	G11	G12	G13	G14	G15	G16	G17	G18	G19	G20	Total
1	113	125	181	84	102	190	263	340	224	210	68	180	188	140	54	54	48	15	53	18	2650
2	74	61	91	29	58	92	84	184	103	75	42	90	106	54	23	33	30	10	20	10	1269
3	44	47	54	20	44	59	63	117	67	43	34	72	76	34	13	23	22	4	26	11	873
4	54	35	57	26	40	45	38	95	36	22	23	84	75	15	4	19	28	4	10	4	714
5	27	37	61	22	31	32	36	70	31	20	22	87	49	12	3	15	18	2	10	3	588
6	15	25	34	13	25	22	11	37	24	15	9	51	40	4	1	7	17	1	2	1	354
7	10	12	13	8	20	17	12	15	23	8	7	29	25	5	0	3	4	1	1	0	213
8	3	14	1	1	9	8	1	9	7	5	1	8	10	3	0	0	1	1	0	0	82
9	1	6	4	2	0	2	0	6	3	4	2	3	1	0	1	1	1	0	0	0	37
10	2	2	0	0	2	2	0	2	1	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	14
11	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	3
12	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	345	364	496	205	331	469	508	875	519	405	208	606	570	267	99	155	170	38	122	47	6799
Surface	104.5	90	128	141	141.5	145.5	154.5	129.5	166.5	143.5	141	136.5	145.5	152.5	198	151.5	122	133.5	113.5	89.5	2728
N/ha	3.30	4.04	3.88	1.45	2.34	3.22	3.29	6.76	3.12	2.82	1.48	4.44	3.92	1.75	0.50	1.02	1.39	0.28	1.07	0.53	2.49

Pericopsis elata - Bloc Sud

Classe	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	Total
1	4	22	5	23	85	16	46	17	22	240
2	5	45	36	29	94	18	88	24	22	361
3	8	70	110	42	123	28	156	37	36	610
4	10	80	28	61	163	41	194	32	71	680
5	15	91	24	51	172	51	205	32	61	702
6	4	39	17	38	214	38	127	34	63	574
7	4	20	6	13	107	20	60	17	22	269
8	0	6	6	6	40	10	24	7	11	110
9	0	0	1	4	15	5	15	1	3	44
10	1	1	0	1	1	1	2	1	3	11
11	0	1	0	1	1	0	0	0	0	3
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
Total	51	375	233	269	1016	228	917	202	314	3605
Surface	309	252.5	305.5	206.5	235.5	229	249.5	230	166.5	2184
N/ha	0.17	1.49	0.76	1.30	4.31	1.00	3.68	0.88	1.89	1.65

Bloc Nord

Classe	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	G10	G11	G12	G13	G14	G15	G16	G17	G18	G19	G20	Total
1	60	70	43	68	77	152	337	308	156	293	494	371	173	17	38	77	79	0	1	38	2852
2	31	44	16	47	35	66	151	225	96	125	412	247	140	13	32	90	76	4	2	46	1898
3	25	15	13	29	18	34	111	204	97	102	329	217	165	9	29	121	75	10	3	65	1671
4	12	7	4	22	9	17	64	175	90	72	287	193	147	4	49	142	86	16	2	79	1477
5	8	11	7	20	2	13	37	132	68	55	220	119	102	6	46	110	83	12	7	76	1134
6	10	7	6	14	2	3	13	57	47	30	107	63	66	1	32	72	35	22	2	47	636
7	2	4	2	8	1	3	7	23	25	16	43	20	22	1	19	42	19	7	6	27	297
8	2	0	1	1	1	1	8	5	11	8	16	9	4	0	12	15	4	10	1	15	124
9	0	0	1	1	2	3	1	2	1	1	4	1	2	1	6	4	3	1	1	1	36
10	0	0	1	0	2	0	1	0	1	1	0	1	1	0	0	1	2	1	0	1	13
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	150	158	94	210	149	292	730	1131	592	703	1912	1241	822	53	263	674	462	83	25	395	10139
Surface	104.5	90	128	141	141.5	145.5	154.5	129.5	166.5	143.5	141	136.5	145.5	152.5	198	151.5	122	133.5	113.5	89.5	2728
N/ha	1.44	1.76	0.73	1.49	1.05	2.01	4.72	8.73	3.56	4.90	13.56	9.09	5.65	0.35	1.33	4.45	3.79	0.62	0.22	4.41	3.72

Bloc Sud

Classe	G1	G2	G3	G4	Total
1	6	37	25	27	95
2	10	14	12	21	57
3	7	5	4	5	21
4	2	3	4	4	13
5	1	8	3	3	15
6	14	3	2	2	21
7	11	3	3	5	22
8	7	9	3	6	25
9	5	8	4	3	20
10	5	2	1	1	9
11	0	0	1	0	1
12	1	0	0	1	2
13	0	0	1	0	1
14	0	0	1	0	1
Total	69	92	64	78	303
Surface	644	567.5	536.5	728	2476
N/ha	0.11	0.16	0.12	0.11	0.12

Bloc Nord

Classe	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	G10	G11	G12	G13	G14	G15	G16	G17	G18	G19	G20	Total
1	27	34	13	55	51	22	51	26	18	28	21	31	27	20	16	14	21	9	19	19	522
2	26	12	12	30	25	30	26	32	18	15	12	27	16	31	27	22	13	33	32	24	463
3	21	19	24	30	24	40	35	31	29	31	40	29	41	43	46	35	31	53	55	27	684
4	26	14	44	18	26	59	40	61	39	48	56	42	42	78	66	50	34	76	67	52	938
5	49	24	52	24	20	57	44	46	60	53	73	65	63	75	91	87	57	72	68	60	1140
6	56	20	40	16	35	58	30	68	63	42	75	63	60	104	81	65	64	84	55	43	1122
7	68	21	40	29	27	54	32	60	78	47	68	76	70	99	113	101	65	60	50	36	1194
8	45	32	19	25	21	35	24	43	52	28	46	49	69	71	74	76	58	52	39	26	884
9	37	21	18	12	15	21	12	28	10	19	20	31	32	35	40	46	29	12	16	10	464
10	23	15	6	9	8	5	5	11	2	11	6	13	22	12	10	11	11	8	4	7	199
11	10	9	3	2	1	1	4	5	2	3	2	3	13	0	5	5	2	2	1	1	74
12	2	5	0	1	2	1	1	2	2	1	6	2	4	1	1	1	1	1	0	0	34
13	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	3	1	0	0	0	0	0	0	7
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
Total	390	227	271	251	255	383	304	413	373	327	425	432	462	570	570	514	386	462	406	305	7726
Surface	104.5	90	128	141	141.5	145.5	154.5	129.5	166.5	143.5	141	136.5	145.5	152.5	198	151.5	122	133.5	113.5	89.5	2728
N/ha	3.73	2.52	2.12	1.78	1.80	2.63	1.97	3.19	2.24	2.28	3.01	3.16	3.18	3.74	2.88	3.39	3.16	3.46	3.58	3.41	2.83

Bloc Sud

Classe	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	G10	G11	G12	G13	G14	G15	G16	G17	G18	G19	G20	Total
1	1	16	26	24	29	46	60	12	13	35	55	39	15	17	10	32	32	21	10	32	525
2	5	12	29	36	32	58	65	13	29	25	33	41	18	23	14	35	38	20	28	33	587
3	15	46	39	67	60	75	120	19	43	57	32	34	30	40	22	34	44	28	30	40	875
4	18	62	65	88	76	103	137	32	76	70	48	50	21	73	44	61	73	35	33	51	1216
5	29	76	79	113	113	116	189	28	106	92	69	76	26	68	46	78	104	25	42	67	1542
6	62	73	81	93	104	172	193	55	110	110	109	136	42	68	42	82	120	25	31	49	1757
7	36	67	45	87	129	215	222	36	78	97	156	136	32	51	44	81	125	5	32	65	1739
8	22	41	32	50	132	127	138	25	29	25	42	38	9	32	20	61	99	10	13	40	985
9	9	5	13	10	62	59	49	2	8	8	16	17	3	4	4	30	27	1	1	13	341
10	0	5	2	5	23	9	10	0	0	1	2	2	1	0	0	8	7	1	0	3	79
11	0	1	1	1	5	2	4	1	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	1	0	19
12	0	0	0	2	4	6	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0	18
13	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	197	404	412	576	769	989	1189	223	492	520	562	569	197	376	246	507	671	171	221	393	9684
Surface	121	144	140	156.5	177.5	184	236	85	125.5	131	109.5	136	101	96.5	96	98	102	72.5	69	95	2476
N/ha	1.63	2.81	2.94	3.68	4.33	5.38	5.04	2.62	3.92	3.97	5.13	4.18	1.95	3.90	2.56	5.17	6.58	2.36	3.20	4.14	3.91

Bloc Nord

Classe	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	Total
1	63	107	84	32	104	63	26	53	13	545
2	63	81	75	37	88	36	24	48	10	462
3	55	79	74	32	82	34	17	32	12	417
4	54	70	78	35	62	51	26	31	8	415
5	69	100	87	46	78	62	27	59	18	546
6	82	109	121	48	85	62	29	55	16	607
7	74	113	131	61	87	62	30	40	18	616
8	85	85	77	29	71	62	24	38	16	487
9	47	60	45	28	58	40	24	23	3	328
10	32	36	21	9	31	21	17	12	2	181
11	25	24	14	6	18	9	5	3	3	107
12	11	13	16	9	15	15	6	4	2	91
13	20	16	10	2	12	4	1	2	6	73
14	24	13	8	3	16	10	1	1	3	79
Total	704	906	841	377	807	531	257	401	130	4954
Surface	337	373	356	251	251	203	333.5	365.5	261.5	2732
N/ha	2.09	2.43	2.36	1.50	3.22	2.62	0.77	1.10	0.50	1.81

Bloc Sud

Classe	G1	G2	G3	G4	G5	G6	Total
1	12	9	5	36	33	7	102
2	9	16	9	19	29	13	95
3	9	12	13	30	27	10	101
4	11	18	6	15	31	12	93
5	10	24	11	30	19	20	114
6	15	28	17	47	32	14	153
7	12	63	21	42	52	15	205
8	28	39	31	63	41	33	235
9	23	54	21	43	26	25	192
10	13	22	12	12	20	20	99
11	5	14	10	12	12	20	73
12	1	3	11	7	13	13	48
13	2	3	7	6	9	8	35
14	2	5	9	7	7	8	38
Total	152	310	183	369	351	218	1583
Surface	1071	499	248	236	249.5	166.5	2470
N/ha	0.14	0.62	0.74	1.56	1.41	1.31	0.64